



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VESIHUOLTOLAITOSTEN VESIMITTAREIDEN ETÄ- LUENTA

TEKIJÄ: Joonas Korhonen

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä			
Joonas Korhonen			
Työn nimi			
Vesihuoltolaitosten vesimittareiden etäluenta			
Päiväys	20.10.2015	Sivumäärä/Liitteet	73/1
Ohjaaja(t)			
Yliopettaja Pasi Pajula ja lehtori Teemu Räsänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, ohjaaja tilaustyöyksikön päällikkö Sami Sillstén			
Tiivistelmä			
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) vesihuollon toimialalle ja sen tarkoituksena oli selvittää millaisia hyötyjä HSY:n olisi mahdollista saavuttaa asiakkaidensa vedenkulutusta mittaavien vesimittareiden etäluennalla ja minkälaisia haasteita etäluentaan siirtymisellä on.</p> <p>Työn sisältö palvelee vesimittareiden etäluentaa harkitsevia vesilaitoksia. Tässä työssä on erityisesti kuvattu työn tilaajan HSY:n vesimittaroinnin nykytilaa ja etäluennan suhtautumista nykyisiin menetelmiin. Opinnäytetyö laadittiin työsuhteen aikana ja sen sisältö on koostettu kirjallisen tutkimuksen ja haastatteluiden avulla. Työ esittää lukijalleen etäluentajärjestelmän kokonaisuutena ja etäluennan tuomien hyötyjen sekä haastavimpien ongelmakohtien vaikutuksen etäluennan toteutukseen. Työssä esitellään myös ulkopuolisten etäluennan palveluntarjoajien ratkaisuja vesimittareiden etäluennan toteutukseen sekä esimerkki etäluennan kustannuksista.</p> <p>Työn tuloksina saatiin kattava tietopohja vesimittareiden etäluennan eri ratkaisuista ja niissä käytettävistä teknisistä menetelmistä. Opinnäytetyön sisältöä hyödyntäen saatiin kohdennettua etäluennan konkreettiset hyödyt ja suurimmat haasteet HSY:n eri käyttäjäryhmille.</p>			
Avainsanat			
vesihuolto, vesimittarit, etäluenta, tiedonsiirto, automaatiojärjestelmät			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Joonas Korhonen			
Title of Thesis Remote Reading of Water Utilities' Water Meters			
Date	20 October 2015	Pages/Appendices	73/1
Supervisor(s) Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners The Helsinki Region Environmental Services / Sami Sillstén, Head of the Contract Works Unit			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for the water supply sector of the Helsinki Region Environmental Services, HSY. The purpose of this thesis was to find out what kind of advantages it would be possible for HSY to gain with automatic water metering and what are the challenges of the implementation of smart water metering systems.</p> <p>The content of this thesis will serve water works that are considering automatic water metering. This thesis describes the current state of HSY's water metering. This thesis was made during employment and its content is based on literature research and interviews. This thesis presents the automatic meter reading system and the influence of the advantages of automatic water metering and the most challenging issues to its execution. Companies that provide automatic meter reading services and an estimation of the costs of these services are also introduced in this thesis.</p> <p>As a result of this thesis, HSY gained inclusive information about automatic meter reading and smart water metering and the techniques used in these systems. By utilizing the content of this thesis, it was possible to target genuine advantages and the major challenges of automatic water metering to different sectors in HSY.</p>			
Keywords Water supply and sewerage, water meters, remote reading, data transmission, automation systems			

## ESIPUHE

Kiitän työnantajaani Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymää mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja mahdollisuudesta työskennellä yrityksen palveluksessa. Erityisesti kiitän esimiestäni tilaustyöyksikön päällikköä Sami Sillsténia työni ohjauksesta.

Kiitän myös HSY:n henkilökunnasta kehitysinsinööri Juha Seppistä, erityisasiantuntija Heidi Ekholmia ja verkkopalveluyksikön päällikkö Pentti Janhusta erityisestä tuesta opinnäytetyön teon aikana 04.05.2015–10.09.2015 Helsingissä.

Kuopiossa 20.10.2015

Joonas Korhonen

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	VEDENKULUTUKSEN MITTAAMINEN .....	9
2.1	Vesihuoltolaitosten suorittama vedenkulutuksen mittaus .....	9
2.2	Huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus.....	10
3	VESIMITTARIT .....	12
3.1	Vesimittarin mitoitus .....	12
3.2	HSY:n vesimittarointi ja yleisimpiä virtaamamittareita.....	13
3.3	Mittaustarkkuus .....	19
3.4	Laskutuskäytössä olevia vesimittareita koskeva lainsäädäntö .....	20
4	VESIMITTAREIDEN ETÄLUENTA .....	22
4.1	Vesimittareiden etäluennalla saavutettavat hyödyt .....	22
4.2	Vesimittareiden etäluenta osana vesihuoltolaitoksen verkostotason mittausjärjestelmiä.....	24
4.3	Vesimittareiden etäluennan haasteet.....	27
5	ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	30
5.1	Älykkäät mittausratkaisut .....	31
5.2	Tiedonsiirto etäluentajärjestelmässä.....	34
5.2.1	Pitkän kantaman tiedonsiirto.....	36
5.2.2	Lyhyen kantaman tiedonsiirto .....	37
6	KOKEMUKSIA KULUTUSMITTAREIDEN ETÄLUENTAHANKKEISTA.....	41
6.1	Energia-alan valmiiden ratkaisujen hyödyntäminen vesimittareiden etäluennassa.....	41
6.2	Sähköenergian etäluenta .....	42
6.2.1	Tapaus Helen.....	42
6.3	Vesimittareiden etäluenta Suomessa .....	43
6.3.1	HSY:n nykyiset etäluentajärjestelmät .....	43
6.3.2	Tapaus Forssan vesihuoltoliikelaitos .....	44
6.3.3	Muut vesilaitokset .....	46
6.4	Etäluennan palveluntarjoajat Suomessa .....	46
6.4.1	Forssan etäluennan palveluntarjoaja Kamstrup .....	46
6.4.2	Etäluennan palveluntarjoaja Landis+Gyr.....	48
6.5	Älykkäät mittausratkaisut maailmalla.....	50
6.5.1	Tapaus Malta Smart Grid .....	51

6.5.2	Puolan Mikołówin kaupungin AMR-ratkaisu .....	52
7	ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN HANKINTAPROSESSI .....	53
7.1	Hankintaprosessin kuvaus .....	53
7.2	Vesimittareiden etäluennan kustannusten muodostuminen .....	55
8	HSY JA VESIMITTAREIDEN ETÄLUENTA .....	60
8.1	Laskutuksen ja asiakaspalvelun kehittäminen.....	61
8.2	Mittarihuolto .....	62
8.2.1	Vesimittareiden vaihtoväli .....	63
8.3	Työpaja etäluennan hyötyjen ja haasteiden kartoittamiseksi .....	65
9	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	68
	LÄHTEET .....	70
	LIITE 1: ARVIO ETÄLUENNAN PALVELUNTARJOAJAN VELOITTAMISTA KUSTANNUKSISTA (SALATTU) .....	74

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) vesihuollon verkko-osaston yksikölle. Työssä käsitellään vesihuoltolaitosten asentamien kunnallisteknisten vesimittareiden etäluentaa. Etäluettavalla vesimittarilla tarkoitetaan mittaria, jonka mittarilukemaa ei tarvitse fyysisesti käydä paikan päällä lukemassa vaan vesimittarin yhteyteen asennettu tekniikka toimittaa tiedon haluttuun paikkaan.

Lähes reaaliaikaiset tiedot asiakkaiden kulutuskäyttäytymisestä antavat tietoja hyödyntävälle organisaatiolle mahdollisuuden kehittää ydintoimintaa digitalisaation avulla. Tulevaisuudessa vesihuoltolaitoksen asiakkaat voivatkin alkaa vaatimaan tällaisia älykkäitä ratkaisuja entisten menetelmien korvaajaksi. Lisäksi vedenkäsittely ja lämmittäminen kotitalouskäyttöön kuluttavat energiaa ja yleiset pakotteet energian säästämiseksi voivatkin tulla vaikuttamaan myös vedenkulutuksen säännösteilyyn. Yksi tällainen ratkaisu voi olla älykäs vesimittari, joka mahdollistaa asiakkaalle oman vedenkulutuskäyttämisen tehokkaamman tarkastelun.

Työn tarkoituksena on selvittää miten HSY voisi tulevaisuudessa hyödyntää vesimittareiden etäluentaa vesijohtoverkostoon liittyneiden asiakkaiden vedenkulutuksen seurannassa ja millaisia vaikutuksia etäluennalla olisi nykyiseen vedenkulutuksen mittaukseen sekä millaisia uusia sovelluksia se mahdollistaisi. Työ on osa vuonna 2015 käynnistynyttä HSY:n Etäluettavat vesimittarit -projektia ja sen tarkoitus on luoda projektille tietopohja vesimittareiden etäluennan tekniikoista, etäluennan hyödyistä ja sen haastavimmista ongelmakohdista.

Työssä esitellään yleisesti vedenkulutuksen mittaamista, yleisimpien vesimittareiden toimintaperiaatteita sekä laskutuskäytössä oleviin kulutusmittareihin kohdistuvan lainsäädännön vaikutukset vedenkulutuksen mittaamiseen. Työhön on laadittu selvitys vesimittareiden etäluennasta ja se esittää lukijalle kirjallisen tutkimuksen pohjalta luodut kuvaukset etäluentajärjestelmän kokonaisuudesta, joka koostuu mittalaiteratkaisuista, tiedonsiirtoratkaisuista sekä vesimittareilta saatujen kulutuslukemien hyödyntämisestä vesihuoltolaitoksen eri toiminnoissa. Haastattelujen pohjalta työhön on koostettu kahden etäluennan palveluntarjoajan ratkaisut vesihuoltolaitosten vesimittareiden etäluentaan. Lisäksi työssä on tarkasteltu etäluennan nykyistä tilannetta muiden Suomessa toimivien laitosten keskuudessa.

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymän vesihuoltotoimiala vastaa Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten vesihuollon toimivuudesta. HSY toimittaa korkealaatuista juomavettä yli miljoonalle pääkaupunkiseudun asukkaalle sekä huolehtii kaupunkilaisten ja teollisuuden jätevesien puhdistamisesta sekä vesijohto- ja viemäriverkoston ylläpidosta ja rakentamisesta. HSY:n toiminta-alueella on noin 8 000 kilometriä vesijohto- ja viemäriverkostoa. Lisäksi HSY järjestää myös asuin-kiinteistöjen sekä julkishallinnon jätehuollon pääkaupunkiseudulla ja tarjoaa ajantasaista seudullista tietoa ympäristön tilasta.

Kunnallisten vesihuoltolaitosten laajamittaiset etäluentahankkeet eivät ole vielä Suomessa kovin yleisiä. Meneillään olevat hankkeet ovat yleensä vain yksittäisiä pilot-kokeiluja, joilla on tarkoitus kartoittaa etäluennalla saatavia hyötyjä ja testata menetelmien toimivuutta. Vesimittareiden etäluenta on yleisesti maailmalla vielä murrosvaiheessa – yhtenäisten selkeiden teknisten standardien ja toimintatapojen puute voidaankin nähdä alan suurimpana ongelmana. Tämä työ palvelee sisällöltään vesimittareiden etäluentaan siirtymistä harkitsevia vesihuoltolaitoksia.



## 2 VEDENKULUTUKSEN MITTAAMINEN

Suomessa tavallinen vedenkuluttaja käyttää keskimäärin noin 155 litraa vettä päivässä. Vedenkäyttö vaihtelee kuitenkin suuresti käyttäjästä riippuen ja on noin 90–270 litraa käyttäjän mukaan. Tämä ominaiskulutus on arvioitu vesilaitoksen verkostoon pumpppaaman veden ja alueen asukasluvun suhteena. Suurimmaksi osaksi vettä kuluu peseytymiseen, pyykinpesuun, ruoanlaittoon ja wc-istuimen huuhteluun. Vedenkulutukseen vaikuttaa etenkin ihmisten erilaiset kulutustottumukset, asumismuoto, asukasrakenne sekä vesikalusteiden kunto. Vedenkulutusta lisäävät vesijohtoverkoston liian suuri paine ja mahdolliset vuodot kiinteistöjen vesilaitteistoissa. Suurimpia vedenkuluttajia ovat teollisuus ja erilaiset palvelutoimintoja tarjoavat laitokset. (Ympäristöministeriö 2009, 6–7).

Vesihuoltolaitoksen toimittaman veden ominaiskulutus voidaan määrittää kolmella eri tavalla. Kulutusta voidaan arvioida jakamalla vesijohtoverkostoon pumppatun veden määrä verkoston alueella asuvien ihmisten määrällä. Toisessa menetelmässä huomioidaan vesijohtoverkostossa tapahtuvat vuodot ja muut häviöt ja verrataan todelliseen kulutukseen perustuvaa vesimäärää alueen asukasluvuun. Vielä tarkempi kuva alueen vedenkäytöstä asukasta kohti saadaan, kun laskutettu vedenkäyttö jaetaan asukkaita palvelevan verkoston asukasluvulla.

Vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkostoon liitetyn kiinteistön vesi- ja jätevesilaskutus perustuu vesimittarilla mitattuun vedenkulutukseen. Kun uusi kiinteistö liitetään vesijohtoverkostoon, vesilaitoksen päävesimittari asennetaan sellaiseen paikkaan, jossa se on helposti luettavissa, asennettavissa ja vaihdettavissa. Vesimittarin rakenteeseen kuuluu mittarin lisäksi sulkuventtiilit, takaisinvirtauksen esto ja mittarin ominaisuuksista riippuen myös lianerotin. Mittarin liitokset myös sinetöidään väärinkäytösten estämiseksi. (HSY 2015a.) Vesimittareita on olemassa useita eri käyttötarkoitukseen sopivia niin koon kuin mittarin ominaisuuksien puolesta. Mittarit voidaan jaotella kahteen eri luokkaan, jotka ovat vesilaitoksen päämittarit ja huoneistokohtaiset alamittarit.

### 2.1 Vesihuoltolaitosten suorittama vedenkulutuksen mittaus

Vesihuoltolaitoksen toimittaman veden kulutuksen mittaus tapahtuu vesilaitoksen omistamilla vesiliittymäkohtaisilla vesimittareilla, joiden huollosta ja toimintavarmuudesta vesihuoltolaitos vastaa. Jokainen vesijohtoverkoston liittymä varustetaan vesimittarilla - niin omakotitalojen, paritalojen, rivitalojen kuin kerrostalojenkin liittymät. Myös teollisuus, julkiset laitokset sekä palvelu- ja kaupan alan rakennukset ovat vesilaitoksen asiakkaita.

Päämittari mittaa koko kiinteistön vedenkulutuksen ja se asennetaan yleensä heti perusmuurin sisään kohtaan, jossa tonttivesijohto tulee rakennuksen sisään. Päämittari on vesijohtoverkoston oleellinen osa, jonka perusteella vesihuoltolaitos laskuttaa kiinteistöä kuluttamastaan vedestä. Vesilaitoksen kunnallistekniset päävesimittarit ovat aina kylmävesimittareita. Kiinteistön omistaja eli vesilaitoksen asiakas ilmoittaa päävesimittarin kulutuslueman vesilaitokselle vuosittain ja lisäksi laitos voi suorittaa itse mittareiden tarkastusluennan haluttuna ajankohtana tai halutulla aikavälillä. HSY ei suorita itse vesimittareiden tarkastuksia, kuin poikkeustapauksissa. Asiakas ilmoittaa vesimittarin ku-

lutuslukeman sitä pyydettyäessä joko paperisella lomakkeella tai sähköisesti internet-palvelun avulla. (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

## 2.2 Huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus

Huoneistokohtainen vedenkulutus mitataan alamittarilla, joka on esimerkiksi kerrostaloyhtiön asukkaan huoneistoon sijoitettu mittari, jonka mittarilukeman perusteella taloyhtiö voi laskuttaa huoneiston omistajaa kuluttamastaan vedestä. Tavallisesti kiinteistöjen huoneistoihin asennetaan kaksi mittaria – kylmä- ja lämminvesimittari (kuva 1). Huoneistokohtaiset vesimittarit ovat osa kiinteistön vesilaitteistoa ja niiden ylläpito ja toimintavarmuus ovat täysin kiinteistön omistajan vastuulla.



Kuva 1. Huoneistokohtaiset kylmän ja lämpimän veden vesimittarit (Kamstrup 2015)

Uudisrakennuksissa huoneistokohtaiset kylmän ja lämpimän veden vesimittarit ovat olleet pakollisia vuoden 2011 alusta lähtien. Laki koskee kaikkia asuinkiinteistöjä, joissa on enemmän kuin yksi huoneisto. Sitä vanhempien taloyhtiöiden siirtyminen vesimittareihin on seurausta siitä, että 1.9.2013 lähtien taloyhtiöiden on linjasaneerauksen yhteydessä asennettava huoneistokohtainen vedenmittaus. Taloyhtiöt ovat mittareiden asentamisen jälkeen huomanneet, että asukkaat ovat keskimäärin vähentäneet vedenkulutustaan noin 10–30 prosenttia. Tämä tuo säästöjä etenkin kiinteistön energiakustannuksissa, koska veden lämmitykseen tarvittavan energian käyttö vähenee. (Talotekniikka-teollisuus ry.) Aiemmin laskutus on voinut tapahtua arvioimalla vedenkulutus rakennuksen lattiapinta-alan tai asukkaiden mukaan. Vettä vähän kuluttava asukas on siis saattanut vuosia maksaa muiden käyttämästä vedestä. Taloyhtiöiden ei kuitenkaan ole pakko käyttää mittareita laskutuksen perusteena vaan kiinteistön omistaja päättää miten taloyhtiö hoitaa sisäisen laskutuksen. Taloyhtiöissä mittareiden kulutustiedot jätetään usein lukematta ja perusteluna on se, että mittareiden lukeminen ja laskutuksen järjestäminen on hankalaa ja kallista. Vesilaitoksen kannalta tämä ei ole ongelma, koska kiinteistön päämittari osoittaa kuitenkin todellisen vedenkulutuksen. (Kaskinen, 2014.)

Huoneistokohtaisessa vedenmittauksessa on esiintynyt lukuisia ongelmia vesimittareiden toimimattomuuden vuoksi. Esimerkkinä tapaus 1, jossa HSY:n asentama kiinteistön päävesimittari osoittaa, että taloyhtiössä on käytetty 11,5 miljoonaa litraa vettä kahdessa vuodessa, kun taas huoneistokoh-

taisten alamittareiden summaksi saadaan samalta ajalta 4,2 miljoonaa litraa. HSY:n asentaman vesimittarin todetaan toimivan oikein, joten syyn on löydyttävä huoneistokohtaisista vesimittareista. Lopullista syytä ei ole saatu selvitettyä, mutta ongelman uskotaan johtuvan vesimittareiden sakkautumisesta tai yksinkertaisesti toimimattomuudesta. Kuultujen kokemusten ja yleisten mielipiteiden perusteella huoneistokohtaisen vedenmittauksen ongelmat ovat erittäin yleisiä. On myös hyvin mahdollista, että taloyhtiöt valitsevat huoneistoihin markkinoiden halvimmat vesimittarit. Eikä sekään oikein selitä lukuisia ongelmia, koska vesihuoltolaitosten yleisesti käyttämät mekaaniset vesimittaritkin ovat suhteellisen edullisia – yksi mekaaninen vesimittari maksaa noin 30–50 euroa.

Esimerkki tapauksessa 2 HSY:n asiakas oli uusinnut paritaloyhtiön alamittarit ja huomannut, että päämittari näyttää kokonaiskulutuksen osalta 5–15 prosenttia enemmän kuin alamittareiden ilmoittama kulutus. Tällaisissa tapauksissa asiakas voi tilata vesilaitokselta vesimittarin tarkastuksen, josta veloitetaan palvelumaksuhinnaston mukainen summa, mikäli mittari toimii ilmoitettujen rajojen puitteissa. HSY teetättää vesimittareiden tarkistamisen kilpailutetulla ja akkreditoidulla mittareita tarkastavalla yrityksellä. Vesimittari toimii oikein jos sen virhe on tarkastuksessa pienempi kuin +/- 5 %. (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

Vesimittareiden valmistajan ja toimittajan Saint-Gobain Pipe Systemsin edustaja Anneli Kuusisto ottaa kantaa huoneistokohtaisiin vesimittareihin koskeviin epäilyksiin Taloussanomien uutisessa ”Vesimittari ei aina kerro totuutta – joskus asennetaan väärin päin”. (Rämö 2015.) Kuusisto kertoo, että vesilaitoksen asentaman päävesimittarin lukema eroaa aina huoneistokohtaisten alamittausten lukemien summasta, koska kaikkea vettä ei kuluteta huoneistoissa. Virheet voivat myös mahdollisesti johtua väärin asennetuista mittareista tai veden sisältämistä sakkautuvista partikkeleista. (Rämö 2015.) Jotkut taloyhtiöiden huoneistokohtaiset vesimittarit ovat varustettu etäluennalla, joka helpottaa kulutuslukemien saantia. Vesihuoltolaitosten on huolehdittava siitä, että asiakkaan vesilaitokselle ilmoittama kulutuslukema on luettu vesilaitoksen omistaman kiinteistön päävesimittarin näytöltä eikä esimerkiksi taloyhtiön omista järjestelmistä. Tämän tulee ilmetä vesihuoltolaitoksen ja asiakkaan välisissä sopimuksissa.

Huoneistokohtaista vedenkulutuksen mittausta koskevilla asetuksilla ja säädöksillä on pyritty parantamaan kuluttajien tietoutta omasta vedenkulutuksestaan ja sitä kautta vähentämään sitä. Tavoitteena on se, että Suomi on sitoutunut osana Euroopan Unionia leikkaamaan kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia sekä kasvattamaan energiatehokkuuttaan 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. (Ympäristöministeriö 2009, 6.)

### 3 VESIMITTARIT

Vesimittareiden toiminta perustuu mittalaitteiston läpi virranneen veden tilavuuden määrittämiseen. Vesimittarit lukeutuvat osaksi vesijohtoverkoston virtaamamittauksia, jotka ovat yksi yleisimmin käytetyistä keinoista selvittää vesihuoltolaitoksen vesi- ja jätevesiverkoston hydraulista tilaa. Puhuttaessa vesimittarista tarkoitetaan yleensä mittalaitetta, joka mittaa vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkoston liittyneen kuluttajan vedenkulutusta. Vesimittarin läpi virranneen veden tilavuus ilmoitetaan mittaustelaimen mukaan kuutiometreinä.

#### 3.1 Vesimittarin mitoitus

Vesihuoltolaitos mitoittaa ja asentaa yleensä aina kiinteistön päävesimittarin ja tonttivesijohdon mitoituksen ja asennuksen. Vesilaitteistojen mitoituksessa on otettava huomioon paineen muutoksen vaikutukset käyttötarkoitukseen sopivaan virtaamaan. Vesilaitteistoihin lukeutuva vesimittari tulee valita niin, että se kestää sisäistä ylipainetta vähintään 1000kPa. (Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista, 11–12.) Vesimittarin mitoituksessa voidaan käyttää painehäviötä 25 kPa, joka vastaa noin 2,5 mvp (metriä vesipatsasta). (Harju 2006, 29).

Pienikiinteistön vesimittarin asennus tapahtuu välittömästi kiinteistön perusmuurin sisäpuolella olevaan lattiakaivolliseen tilaan, jossa tonttivesijohto saadaan järkevästi vietyä rakennuksen sisään. Suurten kiinteistöjen mittareilla on oma lukollinen mittarihuone, jonne kunnallistekniset mittalaitteet voidaan sijoittaa. Vesimittarin mitoitukseseen vaikuttaa etenkin kiinteistön arvioitu vedenkulutus sekä tonttivesijohdon ja tulevien vesiputkistojen kokoluokka. (HSY 2015a.) Vesimittareiden koot ilmoitetaan yleensä niihin liitettävän putken halkaisijan mukaisesti DN-mitoituksena (taulukko 1). (Hänninen 2015, 14).

Taulukko 1. Putkien DN-mitoitus (muokattu lähteestä Karotek 2007)

DN	mm
8	13,7
10	17,2
15	21,3
20	26,9
25	33,7
32	42,4
40	48,3
50	60,3
65	76,1
80	88,9
100	114,3
125	139,7
150	168,3
200	219,1
250	273
300	323,9
350	355,6

Uusimman mittauslaitedirektiivin mukaan vesimittareille on määritettävä merkinnät soveltuville tilavuusvirran arvoille, jotka ovat pienin tilavuusvirta ( $Q_1$ ), välirajan tilavuusvirta ( $Q_2$ ), jatkuva tilavuusvirta ( $Q_3$ ), ja ylikuormitustilavuusvirta ( $Q_4$ ) (taulukko 2). (Mittauslaitedirektiivi 2004, liite III.) Käytännössä tämä ei tuo mitään uudistusta vaan ainoastaan merkinnät ovat muuttuneet. Vesimittareiden valmistajan on määriteltävä mittauslaitedirektiivin mukaisesti valmistamalleen mittalaitteelle soveltuvat tilavuusvirta-alueet, veden lämpötila-alue, paineluokitus, suurimmat sallitut virheet ja virtaratkaisut. (Mittauslaitedirektiivi 2004). Suurimmat sallitut virheet on määritetty mittauslaitedirektiivissä seuraavasti:

*Välirajan tilavuusvirran  $Q_2$  (mukaan luettuna) ja ylikuormitustilavuusvirran  $Q_4$  välisillä tilavuusvirta-arvoilla toimitettujen tilavuuksien suurin sallittu positiivinen tai negatiivinen virhe on:*

*2 % vedelle, jonka lämpötila on  $\leq 30$  °C,*

*3 % vedelle, jonka lämpötila on  $> 30$  °C.*

*Pienimmän tilavuusvirran  $Q_1$  ja välirajan tilavuusvirran  $Q_2$  (poisluettuna) välisillä tilavuusvirta-arvoilla toimitettujen tilavuuksien suurin sallittu positiivinen tai negatiivinen virhe on 5 % vedelle, jonka lämpötila voi olla mikä hyvänsä.*

*Mittari ei saa käyttää hyväksi suurinta sallittua virhettä eikä systemaattisesti suosia mitään osapuolta. (Mittauslaitedirektiivi 2004.)*

Taulukko 2. Mittauslaitedirektiivin mukaiset määritykset vesimittareiden soveltuvista tilavuusvirroista (Mittauslaitedirektiivi 2004, liite III)

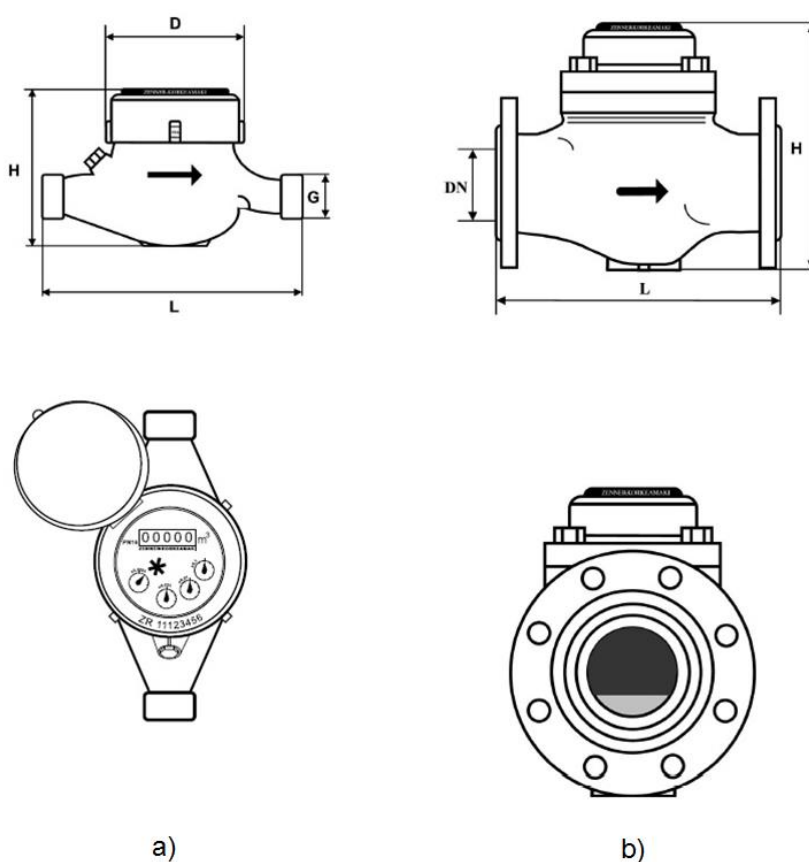
#### MÄÄRITELMÄT

Vesimittari	Laite, joka on suunniteltu mittaamaan, tallentamaan ja näyttämään mittausmuuntimen läpi mittausolosuhteissa virtaavan veden tilavuus.
Pienin tilavuusvirta ( $Q_1$ )	Pienin tilavuusvirta, jolla vesimittarin näyttämät ovat suurinta sallittua virhettä koskevien vaatimusten mukaisia.
Välirajan tilavuusvirta ( $Q_2$ )	Välirajan tilavuusvirta on jatkuvan tilavuusvirran ja pienimmän tilavuusvirran välillä oleva tilavuusvirran arvo, jossa tilavuusvirta-alue jakautuu kahdeksi alueeksi eli "yläalueeksi" ja "ala-alueeksi". Kummallakin alueella on oma suurin sallittu virheensä.
Jatkuva tilavuusvirta ( $Q_3$ )	Suurin tilavuusvirta, jolla vesimittari toimii tyydyttävästi tavanomaisten käyttöedellytysten vallitessa, eli tasaisissa tai katkonaisissa virtausolosuhteissa.
Ylikuormitus-tilavuusvirta ( $Q_4$ )	Ylikuormitustilavuusvirta on suurin tilavuusvirta, jolla mittari toimii tyydyttävästi lyhyen ajan toiminnan heikentymättä.

### 3.2 HSY:n vesimittarointi ja yleisimpiä virtaamamittareita

HSY:n toiminta-alueella on 75 901 liittymäkohtaista vesimittaria, joista yli 50 000 on DN20 kokoluokan mittareita, jotka soveltuvat etenkin pienkiinteistöjen vedenkulutuksen mittaamiseen. HSY omistaa sen käytössä olevat vesimittarit. (HSY:n sisäiset järjestelmät.) HSY:n käytössä olevista vesimittareista yleisimmät DN-kokoluokat ovat 20, 25 ja 40. Sitä suurempia vesimittareita käytetään ainoastaan Vantaalla ja Espoossa suurten vedenkuluttajien vedenkulutuksen mittaamiseen. Helsingissä

ratkaisuna käytetään mittaritukkia, johon voidaan kytkeä 2–3 pienemmän kokoluokan vesimittaria rinnakkain. Vantaalla on käytössä noin kymmenen kappaletta yhdistelmämittareita teollisuuskiinteistöjen päävesimittareina. DN50–150 kokoluokan vesimittareissa on laippaliitännät ja pienemmissä DN20–40 vesimittareissa on kierrelitimet. (Kuva 2; Majamäki 2015 24–27.) Huomioitavaa on, että yleensä suurten vedenkuluttajien mittariratkaisut perustuvat tällaisiin erikoisvarusteluihin, kuten mittaritukkeihin ja yhdistelmämittareihin. Vesimittareiden etäluentaa harkitessa tulee varautua siihen, että läheskään kaikilla etäluennan palveluntarjoajilla ei ole tarjota ratkaisua erikoisvarustelua varten. Mittarinkantaa uusiessa on myös varmistuttava, että kiinteistöissä olevat jo rakennetut vesimittariliitännät ovat sopivia uusille mittareille, jos ylimääräisistä muutostöistä aiheutuvia kustannuksia halutaan välttää. Huolellinen asennustilanteen suunnittelu vähentää turhia työmaakäyntejä ja nopeuttaa vesimittareiden asennusprosessia.



Kuva 2. a) Monisuihkuinen siipipyörävesimittari kierrelitännällä DN20–40, b) Woltman mekaaninen siipipyörävesimittari laippaliitännällä DN50–150 (Zenner Korkeamäki 2015a; Zenner Korkeamäki 2015b)

Yleisin HSY:n käytössä oleva vesimittari on mekaaninen siipipyörämittari (kuva 3), jonka toiminta perustuu veden liike-energian aikaansaamaan mittarin numerotaulun lukemien siirtymiseen. Uudet tekniset vaatimukset ovat tuoneet markkinoille ultraäänitekniikkaan perustuvia ns. älykkäitä vesimittareita, joiden suosio on kasvussa niiden monipuolisten ominaisuuksien vuoksi. HSY:llä on käytössään ultraäänivesimittareita vesimittareiden etäluennan pilot-hankkeessa. Ultraäänimittareita käytetään nykyisin myös HSY:n vuokraamissa pystyputkimittareissa. Pystyputkimittaria käytetään väliai-

kaiseen vedenottoon, joka järjestetään liittämällä pystyputkimittari esimerkiksi palopostiin. Pystyputkia käyttävät muun muassa huoltoyhtiöt, asfalttifirmat ja tapahtumanjärjestäjät.



Kuva 3. DN20 kokoluokan mekaaninen siipipyörämittari (Kuva Joonas Korhonen 2015)

### **Mekaaniset vesimittarit**

Mekaaninen vesimittari on yleisin vesihuoltolaitosten käyttämä mittari. Mekaaniset vesimittarit voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan niiden toimintatavan mukaan, yksi- ja monisuihkuiset mittarit sekä turbiinimittarit. Yksi- ja monisuihkuisissa vesimittareissa virtaama ohjataan siipipyörälle tangentiaalisesti – ainoana eroavaisuutena on, että monisuihkumittarissa vesivirtaama jakaantuu tasaisesti koko siipipyörälle. Yksisuihkuisen vesimittarin mittaustarkkuus heikkenee nopeammin siipipyörän rakenteen epätasaisen kulumisen vuoksi. (Harju 2006, 7.)

Yksi- ja monisuihkuiset mittarit ovat joko märkä- tai kuivalaskurilla toimivia. Märkälaskurissa vesi tunkeutuu koko mittarin rakenteeseen, myös mittarin osoitintauluun. Kuivalaskurissa taas mittarin osoitintaulu on erotettu virtaavasta vedestä painelevyllä ja vesi virtaa ainoastaan siipipyörään. Mekaanisen mittarin toiminta perustuu mittarin numerotaulun lukemien muutokseen veden virtauksen pyörittäessä mittarin sisällä olevaa siipipyörää. Liikkuvien osien takia mekaaniset vesimittarit ovat alttiita kulumiselle ja ne joudutaankin uusimaan noin 10 vuoden välein. (Hänninen 2015, 10.)

Kun vedenkulutuksen vaihtelu on suuri, voidaan käyttää yhdistelmämittaria, jossa on yhdistetty pienemmän ja suuremman tilavuusvirran omaavat vesimittarit. Kulutuksen ollessa vähäistä mittari ohjaa virtauksen vaihtoventtiilin avulla pienemmän tilavuusvirran mittariin. Esimerkiksi teollisuus ja suuret kiinteistöt voidaan varustaa yhdistelmämittareilla. (Harju 2006, 7.)

Turbiinimittari soveltuu suuren tasaisen virtaaman vedenkulutuksen mittaukseen esim. pumpun jälkeiseksi vesimittariksi, vesipostin mittariksi sekä vesijohtoverkostoon liitettäväksi. (Majamäki 2015, 8–9.)

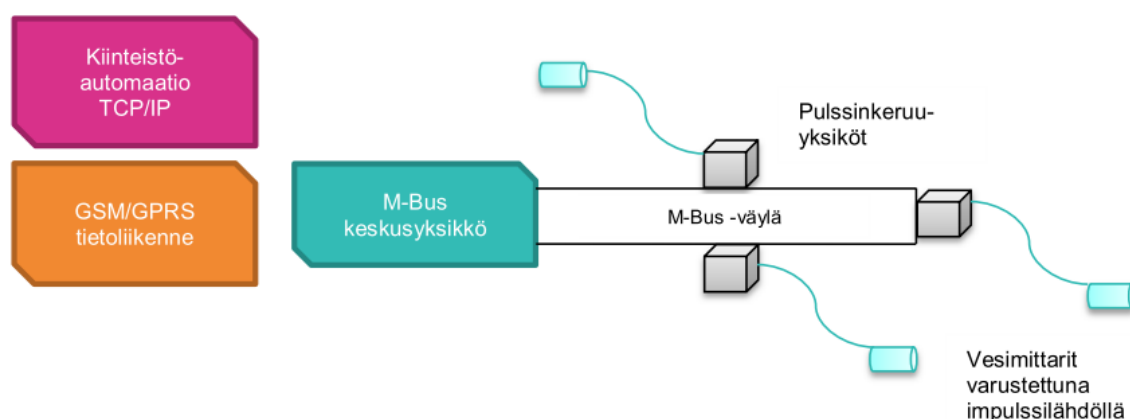
### **Mekaaninen vesimittari ja impulssilaitte**

Impulssivesimittari on perinteinen mekaaninen vesimittari varustettuna impulssilaitteella (kuva 4), joka lähettää langallista johtoa pitkin vedenkulutustietonsa huoneisto- tai kiinteistökohtaiseen puls-

sinkeruuyksikköön, joka on yleensä kytketty paikalliseen väyläverkkoratkaisuun (kuva 5). Pulssinkeruuyksikön mallista riippuen se pystyy hallitsemaan yhden tai useamman mittarin impulssitietoja. Yksi impulssi kertoo keruuyksikölle kyseisen mittarin läpi virranneen veden määrän tietyin välein esimerkiksi kymmenen tai sadan litran välein. (Saint-Gobain 2009, 4–11.) Vesimittareihin asennettavat tai tehdasasennetut pulssilaitteet käyttävät usein IEC (International Electrotechnical Commission) 62053-1-standardin mukaista S0-pulssia. (Piispanen 2010, 16). Pulssinkeruuyksiköt saavat käyttövirransa M-Bus -väylästä tai jostakin toisesta väylästä johon ne on liitetty. Sähkökatkoja varten ne on kuitenkin varustettava paristolla. Pulssinkeruuyksiköltä mittareiden kulutuslukemat siirtyvät väylän keskuslaitteelle, joka on yhdistetty kiinteistöautomaatioon tietokoneen välityksellä. Mittareiden kulutuslukemat ovat joko paikallisesti luettavissa keskukselta tai ne voidaan ohjata mihin tahansa tietoliikenneverkkoon tai palvelimelle erilaisten ratkaisujen, kuten GSM/GPRS modeemin tai verkkokortin avulla. (Saint-Gobain 2009, 4–11.)



Kuva 4. Mekaaninen vesimittari tehdasasennetulla impulssilaitteella (Kuva Joonas Korhonen 2015)



Kuva 5. Impulssilähdöllä varustetut mekaaniset vesimittarit kytkettyinä M-Bus -väylään (Kuva Joonas Korhonen 2015)

Impulssivesimittareita voidaan soveltaa kiinteistöjen huoneistokohtaisen laskutuksen osana, jossa vesimittarit varustettuna impulssianturilla lähettävät kulutuslukemansa keskusyksikköön, josta ne



voidaan joko suoraan lukea tai välittää jonkin tiedonsiirtomenetelmän avulla eteenpäin luettavaksi. Mittarilukeman luentapäätteet voidaan myös asentaa asukkaiden huoneistoihin, jolloin asukkaan oman vedenkulutuksen seuranta helpottuu. Tällainen huoneistokohtainen vedenkulutuksen seurantapäätte saattaa olla vaatimus tulevaisuudessa. Impulssianturilla varustetun vesimittarin mittaustiedot on mahdollista lukea myös suoraan vesimittarin laskurista.

Nykyisin jotkut vesilaitoksen asiakkaat haluavat kiinteistön päämittarin olevan varustettu impulssianturilla. Tällöin asiakas voi seurata oman kiinteistön vedenkulutusta esimerkiksi erilliseltä näyttölaitteelta. HSY toimittaa ja asentaa impulssilähdöllä varustetun mittarin asiakkaan pyynnöstä ja asiakas vastaa itse tiedonsiirron toteutuksesta sekä maksaa impulssilaitteen HSY:lle. (HSY 2014.)

### **Elektromagneettinen virtausmittari**

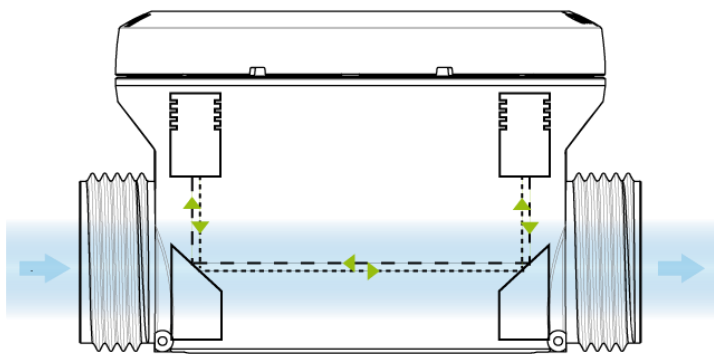
Elektromagneettinen tilavuusvirtausmittaus perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Mittaus soveltuu kaikkien sähköä johtavien aineiden, kuten veden tilavuusvirran määrittämiseen. Putken ympärille asennetut sähkömagneetit luovat välilleen magneettikentän. Kun putkessa virtaava vesi leikkaa magneettikentän, syntyy jännite, joka mitataan putken molemmin puolin asennetuilla elektrodeilla. Jännitteestä saadaan laskettua putken läpi virranneen veden tilavuus. Elektromagneettista virtausmittaria sovelletaan osana HSY:n aluemitauksjärjestelmää. (Frondeius.)

### **Vortex-virtausmittari**

Vortex-virtausmittaus perustuu neste-, kaasu tai höyryvirtaaman johtamiseen virtausesteeseen, joka aiheuttaa pyörteitä virtausesteen vastakkaisilla puolilla. Pyörteiden muodostuminen aiheuttaa painevaihteluita, jotka voidaan mitata esimerkiksi virtausesteeseen sijoitetulla paineanturilla. Pyörteiden muodostumisaika on verrannollinen virtausnopeuteen. Tiedettäessä putken halkaisija voidaan virtausnopeuden avulla laskea putken läpi virranneen aineen tilavuusvirta. (Frondeius.)

### **Ultraäänivesimittari**

Ultraäänivesimittarissa hyödynnetään ultraäänisignaaleja, joiden kuluaikaeroon mittaus perustuu. Signaaleja lähetetään mittarin läpi virran suuntaisesti sekä vastavirtaan (kuva 6). Vastavirtaan kulkevan signaalin kuluaika on virtaustilanteessa pidempi kuin myötävirtaan kulkevan. Signaalien kuluaikojen erotuksesta saadaan laskettua mittarin läpi virranneen veden virtausnopeus ja siten myös vesimäärä. Virtaaman mittauksen laskentaan käytetään mittarin sisällä olevaa mikroprosessoria. (Kamstrup 2015, 1–5.)



Kuva 6. Ultraäänivesimittarin toimintaperiaate (Kamstrup 2012)

Ultraäänimittari on tarkka myös pienillä tilavuusvirroilla ja pystyy havaitsemaan jopa tiputtavan vesihanauksen vedenkulutuksen. Ultraäänimittari ei sisällä liikkuvia osia, joten se kestää mekaanista mittaria paremmin veden epäpuhtauksien aiheuttamaa kulutusta. Muista vesimittareista poiketen ultraäänimittari voidaan asentaa mihin tahansa kulmaan tai asentoon. Ultraäänivesimittari koostuu virtausanturista, laskijalaitteesta ja virtaaman mittaukseen käytettävästä mikroprosessorista, jonka avulla ultraäänimittari voidaan ohjelmoida tunnistamaan vesivuodot, paluuvirtauksen, mittarin kuivana käynnin ja mittarin luvattoman käsittelyn. Ultraäänimittari tarvitsee operoidakseen virtalähteen, joka yleensä on laitteeseen sisäänrakennettu litiumparisto. Valmistajan mukaan pariston kestoksi luetaan 10–16 vuotta. (Kamstrup 2015, 1–5.)

Ultraäänivesimittari soveltuu hyvin perinteiseksi vesimittariksi sekä etäluettavaan vedenmittaukseen sen teknisten ominaisuuksien vuoksi. Mittari on mahdollista liittää useisiin langallisiin ja langattomiin tiedonsiirtomenetelmiin sekä näiden eri yhdistelmiin. Ultraäänimittareiden ominaisuudet ovat toimitajakohtaisia, mutta usein laitteet tukevat samoja tekniikoita. Useissa ultraäänimittareissa on oma dataloggeri, eli laitteen sisäinen muisti, josta voidaan paikallisesti tarkastella mittarin tallentamia kulutuslukemia ja hälytystietoja päivä-, kuukausi- ja vuositasolla. (Kamstrup 2015, 1–5.)

Ultraäänimittari säilyttää mittaustarkkuutensa koko käyttöajan ja sen rakenne mahdollistaa alhaiset painehäviöt. Tekniikka kestää hyvin myös virtaaman vaihteluita suurimmillakin virtaamilla, sen takia mittaria suositetaan kohteissa, joissa tavallinen siipipyörämittari ei kestä virtaaman aiheuttamia rasituksia. Heikkoutena on, että ultraäänimittari tarvitsee operoidakseen virtalähteen ja sen ominaisuutena mainittu alhaisten tilavuusvirtojen havaitseminen kuluttaa huomattavasti energiaa.

### **Ultraäänimittareiden vuotohälytykset**

Vesivuodot kiinteistöjen sisällä on jatkuvassa kasvussa vanhenevan asuntokannan ja ikääntyvien putkistojen takia. Vakuutusyhtiöt korvaavat vuosittain yli 36 000 vesivahinkoa, joka tekee keskimäärin 100 vahinkoa päivässä. Vesivahingoista maksetaan korvauksia arviolta noin 157 miljoonaa euroa vuodessa. Esimerkiksi kerrostalossa tapahtuneen vuodon korjauskustannukset voivat olla kymmeniä- tai jopa satojatuhansia euroja. (Finanssialan Keskusliitto 2014, 5.)

Useissa etäluettavissa ultraäänimittareissa on automaattinen toiminto, jonka avulla mittari hälyttää paikallisesti tai lähettää hälytyksen luentajärjestelmään havaitessaan tasaisen pitkään jatkuneen virtauksen. Yleensä tällöin on kyseessä vesivuoto jossakin kiinteistön vesijärjestelmässä. Mittarit voidaan lisäksi ohjelmoida hälyttämään kohtuuttoman suurista virtauksista. Etäluettavilla vesimittareilla saavutettavat hyödyt vesivuotojen nopeassa havaitsemisessa ovat kiistattomat, kun vuoto havaitaan mahdollisimman aikaisin, voidaan korjaustoimet aloittaa viipymättä, jolloin välttyään suuremmilta vahingoilta. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.) Myös mekaanisilta vesimittareilta saatavista kuluslukemista voidaan erillisen analyysin avulla selvittää mahdolliset vedenkäytön poikkeamat, kuten vesivuodot. Kiinteistöjen vesilaitteiden vuotojen havaitseminen hyödyntää osaltaan myös vesihuoltolaitoksen toimintaa. Vuotavat vesilaitteet, kuten hanat ja wc-istuimet, kasvattavat jätevesivirtaamaa ja kuormittavat jätevesiverkoston loppupäässä jätevedenpuhdistamon prosesseja aivan turhaan.

### 3.3 Mittaustarkkuus

Vesimittareiden mittaustarkkuus ja sen käytönaikainen luotettavuus on yksi keskeisimmistä asioista laskutuskäytössä olevien mittareiden luotettavan toiminnan arvioimiseksi. Nykyisellä mittarikannalla vesimittarin todetaan toimivan oikein, jos sen mittausrvirhe ei ylitä  $\pm 5 \%$ :a. Mekaanisten vesimittareiden ongelmana on, että veden epäpuhtaudet kertyvät mittarin rakenteisiin ja tämä vaikuttaa mittarin mittaustarkkuuteen. Ratkaisuna tähän ongelmaan on, että tavallisten kuluttaja-asiakkaiden mittarit vaihdetaan säännöllisin väliajoin noin 8–10 vuoden välein. Suurten vedenkuluttajien, kuten teollisuuskiinteistöjen vesimittarit tai DN40 kokoluokan ja sitä suuremmat mittarit pyritään vaihtamaan tinoi 5 vuoden välein. (HSY 2014.)

Yleensä mittaustarkkuuteen puututaan asiakkaan toimesta jos asiakas epäilee mittarin näyttävän todellista kulutusta enemmän. Tällöin asiakas voi tilata HSY:ltä mittarintarkastuksen, jossa selviää mahdollinen mittausrvirhe. Vesihuoltolaitos voi joissakin tapauksissa ottaa yhteyttä asiakkaaseen jos kulutuksessa huomataan suuria vaihteluita. Vesimittareiden tarkastuksia suorittaa ulkopuolinen yritys, joka arvioi mittareiden luotettavan toiminnan ja ilmoittaa testeissä saadut tulokset HSY:lle. (Majamäki 2015, 22–23.)

Kun HSY:n asiakkaan vesimittari uusitaan, vanha mittari toimitetaan tarkastukseen mittareiden huoltotyöstä vastaavalle sopimuskumppanille. Vesimittareiden tarkastusta suorittava yritys tarkastaa käytöstä poistetun mittarin oikeellisuuden laskutuskäytössä olevilta vesimittareilta vaaditun menetelmin. Taulukosta 3 selviää HSY:llä vuonna 2005–2014 tarkastettujen vesimittareiden määrä ja virheellisesti näyttävien mittareiden osuus. (Majamäki 2015.) Taulukon 3 mukaan virheellisesti näyttävien vesimittareiden osuus on kyseisinä vuosina ollut keskimäärin 3,8 % tarkastettujen vesimittareiden määrästä. Määrä on vähäinen suhteessa tarkastettujen vesimittareiden määrään, joten mekaanisten vesimittareiden mittaustarkkuuden ja sen käytönaikaisen luotettavuuden voidaan olettaa olevan hyvä.

Taulukko 3. Tarkastettujen vesimittareiden lukumäärät vuosina 2005–2014 (Majamäki 2015, 23).

Vuosi	Tarkastetut (kpl)	Virheellisesti näyttävät (kpl)	Kokonaisosuus (%)
2005	6272	133	2,12
2006	5740	254	4,43
2007	8294	378	4,56
2008	7101	286	4,03
2009	7799	277	3,55
2010	6464	164	2,54
2011	4769	104	2,18
2012	6041	173	2,86
2013	6356	423	6,66
2014	5522	261	4,73

Vesimittareiden etäluennalla voidaan parantaa mittaustarkkuutta ja sen käytönaikaista varmentamista. Mittaustarkkuuteen vaikuttaa etenkin käytettävä mittausmenetelmä, joka etäluennassa on yleensä ultraäänitekniikkaan perustuvaa. Mittaustarkkuuden käytönaikaista varmentamista tehostavat etäluennalla saatavat tiheämmät mittareiden kulutuslukemat ja mittareiden omat sisäiset muistit, joita voidaan hyödyntää asiakkaan vedenkulutuksen ja sen vaihtelun tarkastelussa. Asiakkaille voidaan ilmoittaa lähes reaaliaikaisten mittaustietojen pohjalta suoritettujen analyysien tulokset ja osoittaa mahdolliset poikkeamat, kuten epäillyt vuodot kiinteistön vesijohdoissa tai vesikalusteissa. Näin ollen aiheettomat mittaritarkastukset vähenevät.

### 3.4 Laskutuskäytössä olevia vesimittareita koskeva lainsäädäntö

#### **Mittauslaitelaki**

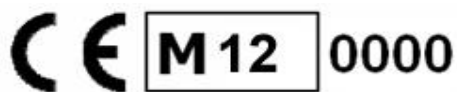
Uusin mittauslaitelaki 707/2011 astui voimaan 1.7.2011. Lain tavoitteena on varmistaa mittausmenetelmien, mittalaitteiden ja mitattujen tulosten luotettavuus. Mittauslaitelaki edellyttää kulutusmittareiden osalta, että laskutuskäytössä olevalla mittarilla on oltava joko tarkastuslaitoksen myöntämä tyyppihyväksyntä tai osoitus siitä, että mittari täyttää mittauslaitedirektiivissä asetetut vaatimukset. Laskuttaja on vastuussa siitä, että kulutusmittari täyttää mittauslaitelain asettamat vaatimukset ja laskuttajan vastuulla on myös mittareiden luotettavasta toiminnasta huolehtiminen koko käytön ajan. Vastuu mittarin vaatimustenmukaisuudesta koskee myös huoneistokohtaisia vesimittareita, jos laskutus perustuu niistä saatuihin mittarilukemiin. (VVY 2011; TUKES 2013.)

Vesimittareiden asentamisessa noudatetaan tarkasti mittarinvalmistajien laatimia ohjeita, jotka koskevat mm. käytössä olevan mittarin asentoa, mittariin liitettävien putkien mitoitusta ja erillisten lisälaitteiden, kuten paluuvirtausventtiilin asentamista. Valmistajan ohjeiden vastaisesti asennettu mittari ei täytä mittauslaitelain vaatimuksia. (TUKES 2013.)

#### **Mittauslaitedirektiivi ja vaatimustenmukaisuusvakuutus**

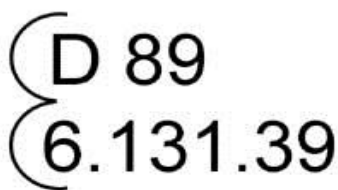
Valmistaja antaa valmistamilleen vesimittareille vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, joka vakuuttaa vesimittareiden olevan mittauslaitedirektiivissä MID (Measuring Instruments Directive) asetettujen vaatimusten mukaisia. Se, että mittalaite noudattaa mittauslaitedirektiivin säännöksiä, osoitetaan

mittalaitteeseen merkittynä CE-merkintänä ja täydentävällä metrologisella merkinnällä, joka näkyy kuvassa 7. Merkinnät laitteeseen kiinnitetään aina valmistajan vastuulla. (TUKES 2013.)



Kuva 7. Mittauslaitedirektiivin mukainen CE-merkintä (TUKES, 2013)

EY-tyyppihyväksyttyjä vesimittareita voidaan ottaa laskutuskäyttöön 30.10.2016 saakka. EY-tyyppihyväksytyn vesimittarin tunnistaa kuvan 8 mukaisesta merkinnästä. Ennen mittauslaitedirektiivin soveltamisen aloituspäivää 30.10.2006 vesimittareille voitiin myöntää myös kansallinen tyyppihyväksyntä. Kotimainen tyyppihyväksyntä voi olla voimassa enintään 30.10.2016 asti. (VVY 2011.)



Kuva 8. EY-tyyppihyväksyntätunnus (TUKES 2013)

Vesihuoltolaitoksen kannalta tärkeintä on, että kaikkien laskutuskäyttöön otettavien vesimittareiden on oltava 30.10.2016 jälkeen MID-hyväksyttyjä. Tämä varmistaa niiden laskutuskäytön lainmukaisuuden nyt ja pitkälle tulevaisuudessa. Joidenkin tietojen mukaan mittauslaitelakia tullaan tarkentamaan mittauslaitteiden käytön aikaisen valvonnan osalta. Kulutusmittareille saattaa olla tulossa erillinen asetus, joka koskee tarkemmin käytönaikaista varmennusta, joka vesimittareiden osalta käsitelisi muun muassa mittareiden käyttöaikoja ja niiden vaihtovälejä. Asiaa käsitellään tarkemmin kappaleessa 8.2.1. (VVY 2011.)

## 4 VESIMITTAREIDEN ETÄLUENTA

Vesimittareiden etäluennalla tässä yhteydessä tarkoitetaan vedenkulutuksen mittaamista ja mitattujen kulutuslukemien siirtämistä vesimittarilta vesilaitoksen asiakastieto- ja laskutusjärjestelmiin automaattisesti tietoliikenneverkkoa pitkin tai puoliautomaattisin menetelmin. Vesimittareiden etäluennalla saavutettavat hyödyt perustuvat mittaustietojen laajempaan hyödyntämiseen. Konkreettiset hyödyt voidaan kohdentaa vesihuoltolaitoksen eri käyttäjäryhmille, joita ovat muun muassa talous, vedenjakelu- ja verkosto, asiakaspalvelu sekä vesihuollon kehittäminen. Vesimittareiden etäluenta tukee vesihuoltolaitosten automaatiojärjestelmiä sekä verkostomallinnusta tuomalla mukaan ajantasaista tietoa vesijohtoverkoston liittyneiden asiakkaiden vedenkulutuksesta.

Suomalaisten vesihuoltolaitosten suurimpia haasteita on aina ollut vesijohtoverkoston paineen ja virtaamien järkevä hallinta sekä vanhenevan verkoston ylläpito. Verkoston kunto heikkenee jatkuvasti, mutta samalla kuitenkin vaatimukset verkoston toiminnasta ja veden laadusta vain kasvavat. Vesilaitokset ovat alkaneet nykyisin varustaa verkostoaan virtaama- ja painemittauksilla havaitakseen mahdolliset ongelmakohdat, kuten vesivuodot. Automaation kehittyessä vesilaitoksen verkoston mitausasemat ja esimerkiksi pumppaamot on voitu kytkeä etäluenta- sekä etähallintajärjestelmiin. (Landis+Gyr 2015a.) Yksi seuraavimmista uudistuksista vesihuoltoalalla tulee olemaan etäluettavien vesimittareiden hyödyntäminen niin asiakkaan vedenkulutuksen seurannassa, kuin verkoston pumpaustehon ja järkevän hallinnan optimoinnissa.

Ennen etäluennan toteuttamista täytyykin tarkasti suunnitella miten vesimittareilta saatavia mittaus-tietoja hallinnoidaan ja kuinka laajasti saatuja tietoja on mahdollista hyödyntää vesilaitoksen eri prosesseissa. Ulkopuoliset etäluentajärjestelmien toimittajat yleensä lupaavat tiedonkäsittelyn olevan mahdollista lukuisilla keinoilla, mutta todellisuudessa eri järjestelmien väliset eroavaisuudet luovat tiedonkäsittelyn kannalta ongelmia. Esimerkiksi HSY:n käyttämä Aqua asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä ei sovellu tiheämmin saatavien mittaustietojen tallentamiseen nykyisellä kokoonpanolla.

### 4.1 Vesimittareiden etäluennalla saavutettavat hyödyt

Yleisesti vesimittareiden etäluennalla lyhennetään mittareiden luentaväliä ja parannetaan asiakaspalvelua. Asiakkaalle on jatkossa mahdollista tarjota esimerkiksi kuukausipohjaista laskutusta ilman nykyisin käytössä olevaa arvio- ja tasauslaskutusta sekä kulutusseurantapalveluita. Lisäksi asiakkaan ei enää jatkossa tarvitse toimittaa vesimittareiden kulutuslukemia vesilaitokselle. Etäluenta auttaa asiakaspalvelua selvittämään suurista vesilaskuista aiheutuneet valitukset. Vesilaitokselle hyötyjä syntyy etenkin verkoston hydraulisen hallinnan ja optimoinnin sekä häiriötilanteiden havaitsemisessa. Etäluennalla pystytään myös seuraamaan vedenkulutusta ajantasaisesti asiakastyypeittäin ja alueittain. Etäluettavien vesimittareiden mittarilukemat on mahdollista saada vesilaitoksen tietojärjestelmiin tuntipohjaisesti tai useammin, kun aikaisemmin asiakas on ilmoittanut ne vesilaitokselle 1–2 kertaa vuodessa. Etäluennan avulla voidaan myös parantaa lukemien oikeellisuutta ja välttää mekaanisen luennan virheitä. (Aksela 2012, 8.) Kappaleessa 8.3 on esitelty HSY:n henkilökunnan näkemyksiä vesimittareiden etäluennan hyödyistä ja haasteista.

Maailmanlaajuisesti vesimittareiden etäluenta tuli markkinoille 2000-luvun puolella vesihuoltolaitosten halutessa yksityiskohtaista ja lähes reaaliaikaista tietoa vedenkulutuksesta. Näillä tiedoilla pyritään ennakoimaan ja ennustamaan verkoston toimintaa. (Fredrick, 2011.)

Vesimittareiden etäluenta voidaan toteuttaa yhden- tai kahdensuuntaisena tiedonsiirtona. Erona näillä menetelmillä on se, että kahdensuuntainen tiedonsiirto mahdollistaa tiedonsiirron myös vesihuoltolaitokselta vesimittarille. Tätä tekniikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi vesimittareiden ohjelmistojen päivitykseen, mittarin hälytysten kuittamiseen tai jopa virtaaman säätämiseen venttiilien kauko-ohjauksen avulla. Mittaustietojen tiedonsiirrossa voidaan hyödyntää useita erilaisia tekniikoita, kuten matkapuhelinverkkoa, sähköverkkoa, puhelinverkkoa, laajakaistaa, langattomia radiotaajuuksia sekä valokuitu- ja muita väyläkaapeleita. (Fredrick, 2011.)

Vesimittareiden etäluenta ei ole pelkästään vesimittareiden kulutuslukemien siirtämistä vesihuoltolaitoksen järjestelmiin vaan se mahdollistaa myös seuraavanlaisia ominaisuuksia, jotka on esitetty teoksessa ”Smart Metering for Water Utilities” (Oracle 2009.):

- asiakkaille tarjottavat näyttöpäätteet, josta omaa vedenkulutusta on helpompi seurata
- web-pohjaiset asiakasportaalit vedenkulutuksen seurantaan
- virtaaman rajoittaminen vesimittarin kauko-ohjattavalla venttiilillä
- mahdollisuus varmistaa yksittäisen vesimittarin toiminta vesilaitokselta käsin
- vesimittarin ohjelmiston etäpäivitys (Oracle 2009.)

Vesimittareiden etäluenta mahdollistaa myös paine-, lämpötila- ja vedenlaatumittausten yhdistämisen etäluentajärjestelmään.

Virtaaman rajoittamista käytetään maailmalla etenkin kuivuudesta kärsivillä alueilla rajoittamaan huippukulutuksen aikaista vedenkäyttöä. (Oracle 2009, 2.) Tällaiselle ominaisuudelle ei Suomessa ole pakottavaa tarvetta. Asiakkaalle tarjottavista kulutusseurantapalveluista ehdottomasti edullisimmaksi muodostuu Web-pohjainen asiakasportaalit tai laskun mukana toimitettava paperinen jaotteluosa, joka sisältää laskutusjakson aikana kertyneet vesimittarin kulutuslukemat esimerkiksi 24 tunnin erottelulla. (Waters 2015). Mahdollisuus vesimittarin toiminnan varmistamiselle ja vesimittarin ohjelmiston etäpäivitykselle vaatisi kahdensuuntaisen tiedonsiirron vesimittarin ja mittareita hallinnoivan järjestelmän välille. Myös kaikki kauko-ohjattavat toiminnot vaativat tiedonsiirron myös vesimittarille. Mittareiden toiminnan varmistaminen onnistuu myös seuraamalla niistä saatavia kulutuslukemia – jos lukemaa ei saada, mittarissa tai tiedonsiirrossa on luultavasti häiriö.

Maailmalla etäluentaan siirtyneet vedenjakelijat näkevät usein yhdensuuntaisen automaattisen vesimittareiden luennan riittävän omiin tarpeisiinsa. Mittareiden ohjelmistojen etäpäivitykselle ei nähdä tarvetta vaan keskitytään ennemminkin mittalaitteiden vaihtoväliin. Vaihtoväli määräytyy pitkälti pariston keston mukaan, koska harvoin vesimittareita voidaan kytkeä verkkovirtaan ilman mittaritilaan tehtäviä muutostöitä. Pariston kesto on vesimittarin teknisistä ominaisuuksista ja tiedonsiirron tihey-

destä riippuvainen, mutta yleisesti älykkäissä mittareissa se on noin 10–15 vuotta. Onkin kustannustehokasta, että vesimittarin paristo kestää koko mittarin käyttöajan, koska yleensä paristot on sijoitettu laitteen sisään vesitiiviisti eikä niitä ole mahdollista vaihtaa. Kahdensuuntaisen tiedonsiirron mahdollistama järjestelmä vähentää vesimittarin pariston käyttöikää, koska mittari joutuu kulutuslukemien tiedonsiirron lisäksi vastaanottamaan käskyjä ja ohjelmistopäivityksiä. (Fredrick, 2011.)

Vesimittareilta saadut mittaustiedot ajetaan vesilaitoksen eri järjestelmiin, joissa niitä hyödynnetään esimerkiksi laskutuksen ja verkostomallinnuksen tukena. Erilaiset analytiikkaohjelmistot voidaan ohjelmoida automaattisesti hälyttämään mittaustietojen tiettyjen raja-arvojen ylittyessä. Mittaustietoja kannattaa hyödyntää myös paikkatieto- (GIS) ja valvomo-ohjelmistoissa (SCADA). Tiedot olisi hyvä saada myös asiakaspalvelusta sekä pumppauksista ja varavesisäiliöistä vastaaville osastoille. Lisäksi vesijohtoverkoston suunnittelussa ja mitoituksessa kannattaa hyödyntää ajantasaisista mittaustiedoista laadittuja verkoston toiminnan hydraulisia malleja ja verkoston monitorointia esimerkiksi uusia investointeja ja verkoston muutoksia varten. (Fredrick, 2011.)

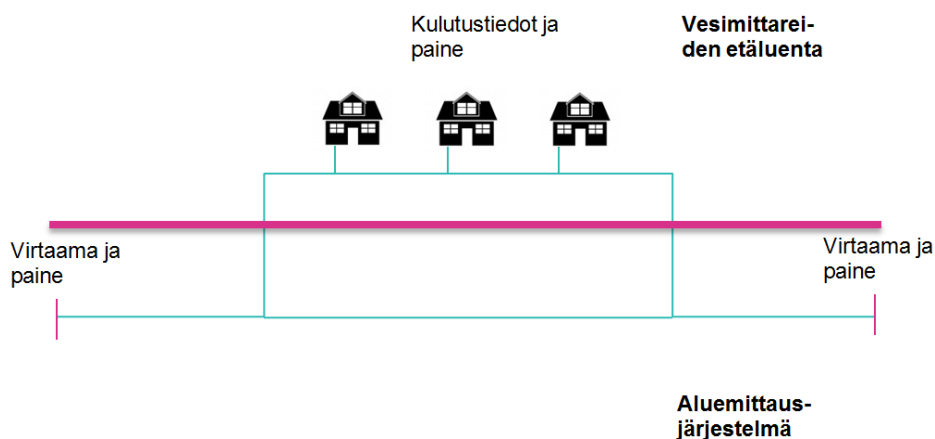
Tiedon hyödyntämisen kannalta etäluennalla saatavien tietojen tulee olla helposti sovitettavissa vesilaitoksen järjestelmiin. Tiedonsiirron järjestelmästä ja ohjelmistosta toiseen täytyy toteutua automaattisesti myös organisaation sisällä. Tiheämpi todelliseen kulutukseen perustuva laskutus yhdistettynä kulutusseurantapalveluihin vähentää usein tavallisten kuluttaja-asiakkaiden vedenkulutusta. Vähentynyt vedenkulutus, tehostunut verkoston hydraulinen hallinta sekä vuotojenhallinta luovat vesilaitokselle säästöjä vedenkäsittelystä ja pumppauksesta aiheutuvien energiankustannusten osalta. Energiatehokas vedenkulutus ja jakelu auttavat lisäksi kohdentamaan tulevaisuuden investointeja tai jopa välttämään niitä vaikka verkostoon liittyisikin lisää kuluttaja-asiakkaita. (DeLay, 2013.)

#### 4.2 Vesimittareiden etäluenta osana vesihuoltolaitoksen verkostotason mittausjärjestelmiä

Etäluettavat vesimittarit palvelevat vesihuoltolaitoksen verkostotason automaatiota ja tukevat jo nykyisten mittausjärjestelmien toimintaa. Nykyisin vesijohtoverkostossa mitataan esimerkiksi vedenotamoiden pinnankorkeuksia, runkojohtojen virtaama- ja painetietoja sekä pumppaamoiden käyntitiedot ja vikahälytykset. Vesimittareiden etäluennan toimintaperiaatteena on, että vesimittarit lähettävät tietoliikenneverkkoa hyödyntäen kulutustietonsa vesihuoltolaitoksen järjestelmiin. Kulutustietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi vesilaitoksen asiakastietojärjestelmissä, verkkotietojärjestelmissä ja muissa mahdollisissa sovelluksissa. (Niskanen 2013, 8–16.)

Etäluettavan vesimittarin yhteyteen on mahdollista asentaa myös muita verkoston valvonnan kannalta oleellisia mittauksia, kuten paineenmittaus. Kuvassa 9 on esitetty runkolinjassa olevilla mittausasemilla rajattu alue ja alueen sisällä tapahtuvan vedenkulutuksen (virtaaman) mittaus sekä painemittaus. Aluemittausjärjestelmässä mittausasemilta saadaan ajantasainen mittaustieto virtaamasta ja paineesta. Millaisia hyötyjä vesilaitokselle syntyisi, jos myös kiinteistökohtaisten virtaama- ja painemittausten tulokset saataisiin organisaation järjestelmiin lähes reaaliaikaisesti? Vesilaitos hyötyisi ainakin suurten vedenkuluttajien vedenkäytön poikkeamien havaitsemisesta. Tällaisia suuria vedenkuluttajia ovat esimerkiksi sairaalat ja teollisuus. Näiden asiakkaiden suurimmat vedenkäyttölanteet aiheuttavat verkostossa havaittavia muutoksia, kuten verkostopaineen alenemista.





Kuva 9. Esimerkki vesijohtoverkoston aluemittauksen ja vesimittareiden etäluennan yhdistämisestä

### HSY:n aluemittausjärjestelmä

Lähes kaikkien vesihuoltolaitosten yksi suurimmista ongelmista on vedenjakelujärjestelmien vuotavuus. Verkoston vuodot lisäävät energiankulutusta veden käsittelyssä sekä veden pumppauksessa. Huomattava vesijohtoverkoston vuotavuus alentaa verkoston painetta poikkeuksellisesti, joka voi johtaa verkoston likaantumiseen, jos ympäröivästä maa-aineksesta pääsee taudinaiheuttajia verkostoon. (Aksela 2010, 11.) Ongelman muodostaa myös vuotavan käyttöveden päätyminen jätevesi- tai sadevesiviemäriin, jolloin jätevedenpuhdistamon kapasiteetti kasvaa oleellisesti. (Hytinen 2013, 11.) Vesijohtoverkoston paine- ja virtaamamittauksilla pyritään parantamaan verkoston hallintaa ja havaitsemaan mahdolliset ongelmakohdat, kuten vesivuodot. Paine- ja virtaamatiedot palvelevat lisäksi verkoston muun automaation, kuten pumppausten ja varavesisäiliöiden tehokasta käyttöä. Vesijohtoverkoston tilan hahmottamista varten tärkeimpinä mittauksina voidaan nähdä seuraavat:

1. kulutusmittaus,
2. aluemittaus ja
3. tuotetun- ja verkostoon pumpatun veden mittaus.

Aluemittausjärjestelmä jakaa HSY:n toiminta-alueella sijaitsevan vesijohtoverkoston useisiin kulutusseuranta-alueisiin. Aluemittauksella pyritään helpottamaan vesijohtoverkoston vuotojen havaitsemista sekä verkoston hallintaa mittaamalla jokaisen alueen tuleva ja lähtevä vesivirtaama. Aluerajat varustetaan virtaama- ja painemittauksin – alueet saadaan rajattua sulkemalla alueiden rajalla olevia venttiilejä. Aluemittauksen avulla pyritään selvittämään alueellinen vedenkulutus, vesitase ja vuototaso. Verkoston alueittainen jako auttaa lisäksi ymmärtämään yksittäisen alueen normaalia ja erityistilanteiden vedenkäyttöä. Selvittämällä alueen vedenkulutus etenkin yön minimikulutuksen aikana saadaan tarkemmat arviot alueellisista vuotovesimääristä. (Hytinen 2013.) Aluemittausjärjestelmän aluejakoperiaatteita ovat syöttöjohtojen määrä, suljettavien rajaventtiilien määrä, läpivirtaamat, siirtolinjojen ja vesitornien sijainti, yhdelle alueelle kohdistuva asukasluvu, alueen verkostopituus ja asiakaskunta (kuva 10). (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

## Aluejakoperiaatteet

Ominaisuus	Tavoite	Peruste
<b>syöttöjohtojen määrä</b>	mahdollisimman pieni	kulutusmittaus on tarkin, jos mittareita on vähän
<b>suljettavien rajaventtiilien määrä</b>	mahdollisimman pieni	vedenjakelun palvelutaso pyritään säilyttämään
<b>läpivirtaama</b>	0 % tulevasta vedestä	läpivirtaama kasvattaa mittausvirhettä
<b>siirtolinjat ja vesitornit</b>	rajataan alueiden ulkopuolelle	läpivirtaaman välttäminen
<b>asukasluku</b>	mieluiten alle 10 000, tarvittaessa 25 000	havaitaan n. 6 m <sup>3</sup> /h vuodot
<b>verkostopituus</b>	alle 20 km	vuotoepäily paikallistetaan viikossa
<b>asiakaskunta</b>	homogeeninen	kotitalousvaltaisilla alueilla tulosten tulkinta on helpointa; suuryksiköille tarvittaessa kaukolueuttava vesimittari

Kuva 10. Aluemittauksen aluejakoperiaatteet (HSY:n sisäiset järjestelmät)

Alueen verkoston vuotavuus selviää parhaiten yöaikaan mitatuista virtaamista, jolloin oletetaan normaalin vedenkulutuksen olevan vähäisintä. Minimituntikulutuksia voidaan mitata myös päivän aikana, jolloin saadaan mahdollisimman paljon vertailukohtia vuotoselvitykseen. Aluemittausjärjestelmä kerää jatkuvatoimisesti tietoa verkoston virtaamista ja paineista ja näin ollen saadaan parempi kuva verkoston toiminnasta ja vuotovesien osuudesta. Näiden tietojen perusteella voidaan verkoston ongelmakohdat, kuten vesivuodot tunnistaa ja aloittaa korjaustoimenpiteet. Mittausten ollessa jatkuvatoimisia verkoston hallinta ja optimointi paranee. Aluemittauksen haasteita ovat mittausalueiden kohdentaminen, vuotavat aluerajat, asiakkaiden alueelliset vedenkäytön vaihteluerot, läpivirtaamat, virtaamamittareiden mittaustarkkuus ja vuotojen tarkka paikallistaminen. (Hytinen 2013.) Aluemittausjärjestelmän perustamiskustannukset ovat korkeahkot ja mittauspisteiden huoltotoimenpiteet vaativat resursseja. Lisäksi alueiden rajaaminen putkiyhteyksiä sulkemalla aiheuttaa veden laadun ja verkoston toimintavarmuuden heikkenemistä. (Aksela 2010, 14.)

Teollisuus ja muut suuret vedenkuluttajat voivat käyttää vettä suuria määriä myös yön aikana, jolloin tällaisten vesilaitoksen asiakkaiden kulutus on syytä selvittää tarkemmin. Jos suuret vedenkuluttajat varustettaisiin etäluettavilla vesimittareilla, olisi todelliseen kulutukseen perustuvat vedenkulutustiedot mahdollista saada vesilaitoksen järjestelmiin tarvittaessa lähes reaaliaikaisesti. Tämä parantaisi alueellisen vesitaselaskennan luotettavuutta ja helpottaisi sitä kautta vuotojen havaitsemista. (Hytinen 2013, 98.)

### Käänteinen analyysi

Käänteinen menetelmä perustuu verkoston hydraulisten mittausten ja simulaation yhdistämiseen. Vuotojen havaitsemisen lisäksi menetelmällä voidaan seurata verkoston todellista tilaa. Simulaation ongelmana ovat liian karkeat verkostomallit ja vaikeudet mallintaa virtausvastuksia ja asiakkaiden vedenkulutusta. Vedenkulutustietojen tulisi olla riittävän tarkkoja perustuen todelliseen kulutukseen eikä kulutusarvioon. (Aksela 2010, 15.)

### **Vesijohtoverkoston vedenpaine**

Vesijohtoverkosto mitoitetaan siten, että verkostoon liittynyt kuluttaja saa käyttötarkoitukseen riittävän paineen ja tasaisen virtaaman. Liian kovat paineet verkostossa aiheuttavat asiakkaan kiinteistön vesilaitteistoissa häiritsevää ääntä, kulumista, vedenkulutuksen kasvua ja haitallisia paineiskuja. Verkoston paineen tulee olla päävesimittarin jälkeen alle 500 kPa riippuen kiinteistön asuinmuodosta ja vedenkäyttäjistä. Painetta voidaan tarpeen tullen alentaa erillisten paineenalennusventtiilien avulla, joko kerros- tai huoneistokohtaisesti tai aluekohtaisesti vesijohtoverkostossa. Jos paine on liian pieni, käyttökohteisiin voidaan asentaa paineenkorotuspumppu. (Harju 2011, 12.)

HSY:n aluemittausjärjestelmään on yhdistetty myös paineenmittaus, joka tehostaa vuotojen havaitsemista ja verkoston hallintaa. Painemittauksilla voidaan kartoittaa verkoston liian suuren paineen omaavat alueet. Liiallinen verkoston paine lisää huomattavasti vuotovesien määrää ja aiheuttaa turhaa rasitusta verkoston eri osissa. Paine voi myös olla riittämätön joissakin verkoston osissa.

Äkilliset paineen alenemat voivat johtua vesivuodoista. Vesijohtoverkoston paineenhallinta tapahtuu varustamalla määrätyt verkoston osat tai yksittäiset vesijohdot paineenalennusventtiileillä tai paineenkorotuspumppaamoilla. Vesijohtoverkoston paineen, kuten virtaamankin seuranta onnistuu mittaustaivoihin, risteyskaivoihin, vesitorneihin, pohjavedenottamoille ja vesilaitoksille asennettavilla paine- ja virtausmittareilla. Automaation avulla mittautiedot on mahdollista siirtää vesilaitoksen verkostonhallintajärjestelmiin. (Hytinen 2013, 99.)

Verkoston paineenhallinta voidaan toteuttaa jakamalla verkosto painepiireihin. Yksittäisen painepiirin painetta pidetään yllä paineenkorotuspumppaamoiden ja ylävesisäiliöiden automaation avulla. Tietyn painepiirin painetta voidaan säätää pumppauksen automaatiolla – kun vedenkäyttö on vähäistä, voidaan pumppaustehoa tai vedensyöttöä vähentää. Aluemittausjärjestelmässä painemittaus voidaan asentaa virtaamamittausten yhteyteen sekä verkoston kriittisiin kohtiin, joissa oletetaan olevan suuria painehäviöitä. Painemittauksia olisi hyvä sijoittaa myös sellaisille alueille, jossa paine edustaa vesijohtoverkoston normaalia painetasoa. (Hytinen 2013, 99.)

#### **4.3 Vesimittareiden etäluennan haasteet**

Suomessa vesilaitokset eivät ole vielä ottaneet vesimittareiden etäluentaa laajasti käyttöönsä, kun taas sähkön ja kaukolämmön kulutuksen mittausta tapahtuu nykyisin etäluentana. Tämä johtuu siitä, että valtioneuvoston vuonna 2009 valmisteleva asetus velvoitti sähkölaitokset vaihtamaan asiakkaidensa mittarit etäluettaviksi vuoden 2013 loppuun mennessä. Sähkömittareilta saatavien mittautietojen tulee olla vähintään tunnin välein esitettyjä kulutustietoja. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009.) Vaikka lainsäädännön veloitetta etäluentaan ei vielä kaukolämpöalalla ole, on se silti jo laajassa käytössä. Tämä voi johtua osittain siitä, että kaukolämpöala olettaa lainmuutoksen olevan tulossa ja suurimmaksi osaksi siitä, että sama energiayhtiö useimmiten tarjoaa omana palvelunaan sähkön ja kaukolämmön. Tulevaisuudessa myös vesimittareiden etäluettavuus saattaa olla laissa vaadittu ominaisuus.

Kalifornian vesiyhdistykselle tehdyssä esityksessä ”AMR/AMI for Water Utilities” (House 2008, 16.) kuvataan millaisia yleisiä ongelmia vesihuoltolaitokset näkevät etäluentaan siirtymisessä.

- järjestelmän asennuksen ja kunnossapidon vaatimukset
- älykkäiden vesimittareiden virransaanti ja paristokäyttöisten ratkaisujen käyttöön kustannustehokkuus (käsitelty kappaleessa 8.2.1)
- mittareiden huonon sijainnin vaikutus langattomia tiedonsiirtomenetelmiä käytettäessä
- organisaation järjestelmien soveltuvuus mittaustietojen hyödyntämiselle
- etäluentajärjestelmän toimittajan tuen laajuus
- etäluennan kustannusten muodostuminen (käsitelty kappaleessa 7.2)
- yhteensopivuus olemassa olevien järjestelmien kanssa
- laskutusjärjestelmän integraatio
- toimialan standardien ja avoimien rajapintojen yhtenäistämisen puute (House 2008, 16.)

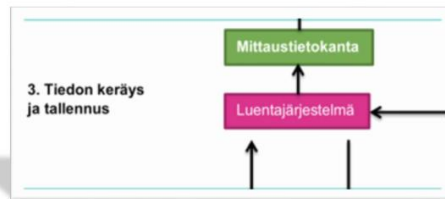
Vesimittareiden etäluentaan siirtyminen on laajamittainen hanke, joka sisältää oleellisesti myös useita riskejä. Näitä riskejä voidaan minimoida tiedostamalla ne jo ennen hankkeen aloitusta. Suurin riski on, että etäluennan toteutus ei vastaa alkuperäisiä vaatimuksia ja mittaustietojen tehokas hyödyntäminen jää näin toteuttamatta. Mittalaitteiden ja tietoliikenteen tekniset ongelmat voivat korostua etenkin järjestelmän asennusvaiheessa. Lisäksi etäluennan kustannukset vähentävät muiden investointien rahoitusta ja nostavat tarjottavien palveluiden hintaa, jotka voivat näkyä asiakastyytyväisyyden laskemisena ja vesihuoltolaitoksen verkoston toiminnan heikentymisenä. (Karkkulainen 2005. 63–64.)

Kustannukset voivat myös kohota oletettua suuremmiksi kustannusarvion määrittämisen vaikeuden takia. Paristokäyttöisten mittalaitteiden paristojen keston suhde mittarin muun tekniikan elinkaareen voi muodostua ongelmaksi. Lisäksi tietoliikenteen tietoturvallisuudesta täytyy varmistua. Järjestelmän tulee olla tämän kaiken lisäksi joustava tulevaisuuden muutoksille ja mahdollisille lainsäädännön asettamille vaatimuksille.

Vesimittareiden etäluennalla saadaan aikaisempaa tiheämmin tietoa asiakkaiden vedenkulutuksesta. Tiedon hyödyntämisen kannalta tiedon käsittely ja tallentaminen on ratkaisevassa roolissa. Kuva 11 on tehty tämän raportin pohjalta laadittuun esitykseen, joka esiteltiin 13.8.2015 HSY:n verkosto-osaston johtoryhmälle osana Etäluettavat vesimittarit -projektia. Kyseisen kuvan tarkoituksena oli painottaa oman mittaustietokannan toteuttamisen tärkeyttä. Tässä yhteydessä mittaustietokannalla yritetään kuvastaa paikkaa, johon vesihuoltolaitoksen verkoston eri mittausten tulokset tallentuvat ja josta niitä voidaan vaivattomasti hyödyntää eri osastojen ja järjestelmien välillä.

**Käsitteltävä tietomäärä!**

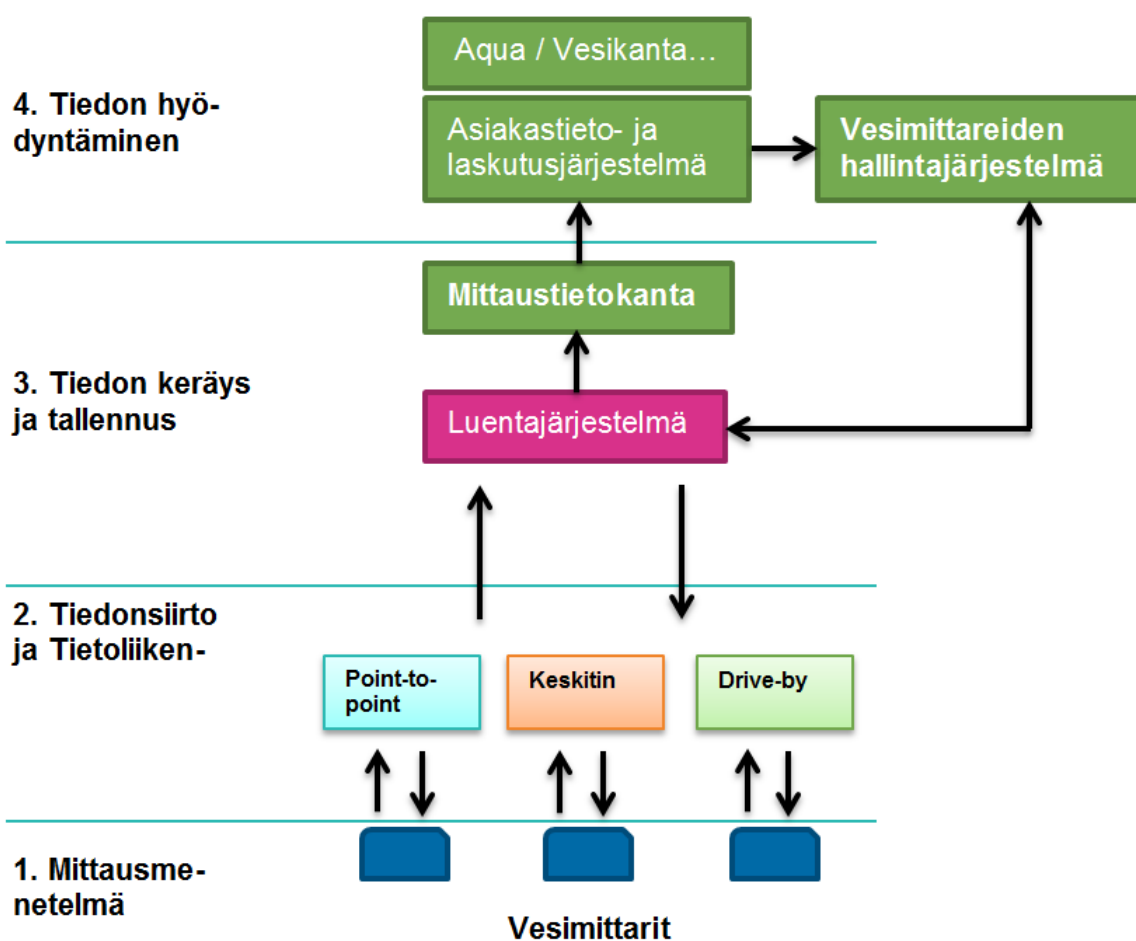
- Etäluennan "ansiosta" tuntipohjaisia kulutuslukemia kertyy yhdeltä vesimittarilta vuodessa 8760 kappaletta.
- **Mittaustietokannan perustaminen on järkevää, koska mittaustietojen hyödyntäminen eri osastojen ja järjestelmien välillä helpottuu**



Kuva 11. Mittaustietokannan tärkeys

## 5 ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Etäluentajärjestelmän rakenteen peruskomponentteina toimivat etäluettavat kulutusmittarit. Mittareilta saatavien kulutuslukemien tiedonsiirron eteenpäin ylemmille tasoille mahdollistavat erilaiset tekniset laitteet ja ratkaisut, kuten antennit, reitittimet, toistimet ja tiedonsiirtomoduulit. Nämä edellä mainitut laitteet toimivat tiedonsiirron tukena. Tiedonsiirto voi tapahtua jokaiselta vesimittarilta erikseen point-to-point-menetelmällä tai keskitetysti, jolloin yksi tai useampi verkon laitteista toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään. Drive-by -menetelmä on puoliautomaattinen mittaustietojen keräykseen perustuva ratkaisu, jossa mittareiden lähettämät signaalit kerätään erillisellä vastaanottimella esimerkiksi etäluennalla varustetun kiinteistön ohi ajaen tai kävellen. Luentajärjestelmästä mittaustiedot siirtyvät organisaation omiin järjestelmiin määritellyn integraatorajapinnan kautta. Kuvion 1 tapauksessa organisaatiolla on oma mittaustietokanta, johon mittaustiedot tallennetaan ja josta ne voidaan ohjata muihin järjestelmiin, kuten asiakastieto- ja laskutusjärjestelmään. Vesimittareiden hallintajärjestelmästä voidaan etäluentajärjestelmän teknillisestä toteutuksesta riippuen antaa käskyjä luentajärjestelmälle tai yksittäisille vesimittareille. Käskyjen lähettäminen edellyttää kuitenkin aina kahdensuuntaista yhteyttä. (Piispanen, 2010 5–7.)



Kuvio 1. Etäluentajärjestelmän rakenne (muokattu lähteestä Piispanen 2010, 6).

Etäluettavat vesimittarit ovat yleensä ultraääni- ja impulssimittareita tai moduuleja, jotka asennetaan olemassa olevien mekaanisten mittareiden lisävarusteeksi (kuva 12). Ero perinteiseen mekaaniseen mittariin on siinä, että etäluettavan vesimittarin tekniikka sallii vesimittarin kulutuslukeman lukemisen etäluentana. Tämä on toteutettu erilaisia tiedonsiirtomenetelmiä käyttäen. Yleisin käytössä oleva tekniikka on langallinen tai langaton M-Bus -välätekniikkaan perustuva tiedonsiirtoratkaisu. Langalliseen tiedonsiirtoon voidaan käyttää vesimittarista riippuen myös LON-, SIOX-, Modbus-, Metasys N2- tai Ethernet/IP -tiedonsiirtoa. Langattomaan verkkoon mittarit voidaan M-Bus -verkon lisäksi liittää hyödyntäen joko paikallisia radioverkkoa, ZigBee -verkkoa, MeshNET -verkkoa tai GSM/GPRS -yhteyksiä. Tässä raportissa puhuttaessa GSM/GPRS -yhteyksistä tarkoitetaan matkapuhelinverkon tiedonsiirtoyhteyksien hyödyntämistä etäluennassa.

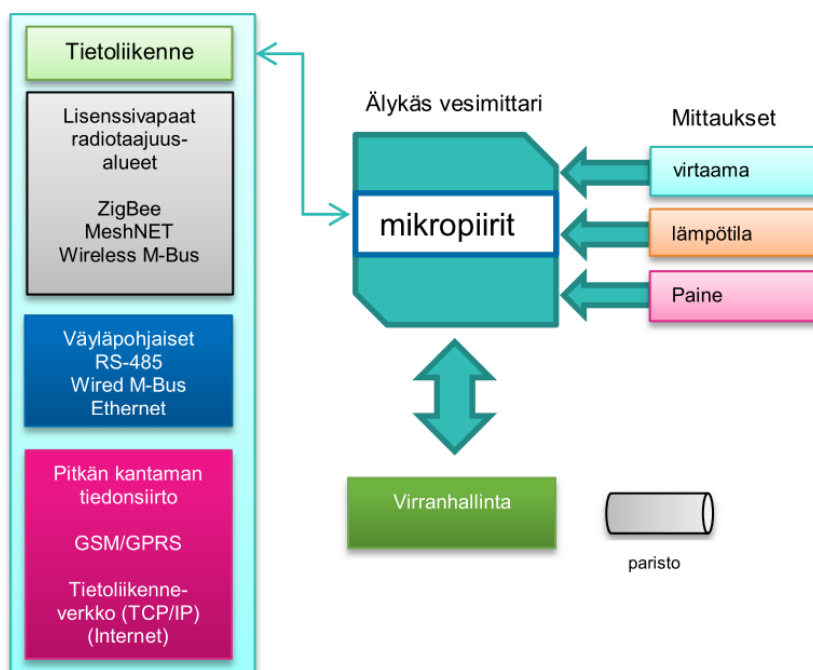


Kuva 12. a) Ultraäänimittari KAMSTRUP MULTICAL 21, b) Mekaaninen vesimittari M-Bus -radiomodulilla KOKA KY GMDX-RFM, c) impulssilaitteella varustettu mekaaninen vesimittari B-METERS GMDX-R (Kamstrup 2015; KOKA KY 2015)

## 5.1 Älykkäät mittausratkaisut

Älykäs vesimittari ei ole pulssilaitteella varustettu mekaaninen siipipyörämittari vaan uudenaikainen ultraäänitekniikkaan perustuva mittalaite, joka hallitsee mittaustietojen käsittelyn ja tallentamisen sekä mahdollistaa useiden eri tiedonsiirtomenetelmien käytön (kuva 13). Etäluenta voidaan toteuttaa myös vanhalla mekaanisella mittarikannalla pulssilähdön avulla, mutta tällöin etäluennasta ei saada kaikkia mahdollisia hyötyjä irti.

Älykäs vesimittari sisältää ominaisuuksia, jotka vaativat mittarin tekniikalta muistia ja tiedon prosessointitehoa. Mittarit sisältävät virtaaman mittaukseen sekä muihin ominaisuuksiin kehitettyjä suorittimia. Muistin tehtävänä on tallentaa mittarin laiteohjelmisto, asetukset ja mitatut lukemat. Nämä ominaisuudet löytyvät ultraäänivesimittareista. Ultraäänimittarille onkin tarjolla laajin valikoima erilaisia ratkaisuja tiedonsiirtoa varten. Ultraäänimittareiden muistipiirit on usein toteutettu tekniikalla, joka mahdollistaa tallennettujen tietojen säilymisen myös sähkönsyötön häiriöiden aikana, esimerkiksi EEPROM-muistipiireillä. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)



Kuva 13. Älykkäiden vesimittareiden mahdollistamat ominaisuudet

### Esimerkkejä etäluettavista vesimittareista

Kamstrupin Multical 21 kylmä- ja lämminvesimittari soveltuu hyvin pienkiinteistön päävesimittariksi tilavuusvirtaus-alueille ( $Q3 = 1,4...4,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Vesimittarin mittaumenetelmä perustuu ultraäänitekniikkaan ja siinä on sisäänrakennettu langaton M-Bus -radiolähetin. Mittarin tekniikka mahdollistaa vuoto-, paluuvirtaus- ja väärinkäyttöhälytykset (kuva 14). Mittarissa on myös kuiva-anturi, joka tunnistaa mittarin kuivana käynnin. Mittari mahdollistaa paikallisen luennan graafiselta osoittimelta sekä dataloggeriin tallentuneiden kulutuslukemien ja hälytystietojen lukemisen optisen liitännän avulla. Pariston arvioitu toiminta-aika on 16 vuotta. (Kamstrup 2015.)



Infokoodi vilkkuu näytössä	Selitys
LEAK	Virtaama ei ole pysähtynyt mittarissa yhtämittaa vähintään yhden tunnin ajaksi viimeisen vuorokauden kuluessa. Tämä saattaa olla merkki vuotavasta hanasta tai wc:n vesisäiliöstä.
BURST	Veden virtaama on ylittänyt esiohjelmoidun rajan vähintään 30 minuutin ajan, mikä on merkinä haljenneesta putkesta.
TAMPER	Huijausyritys. Mittari ei ole enää kelvollinen laskutustarkoituksiin.
DRY	Mittarissa ei ole vettä.
REVERSE	Vesi virtaa mittarin läpi väärään suuntaan.
RADIO OFF	Mittari on edelleen kuljetustilassa. Mittarin sisään asennettu radiolähetin on pois päältä. Lähetin kytkeytyy automaattisesti päälle, kun ensimmäinen vesilitra on virrannut mittarin läpi.
.. (kaksi pientä ruutua)	Kaksi vuorotellen vilkkuvaa pientä ruutua osoittaa, että mittari on aktiivinen.

Kuva 14. Kamstrup, Multical 21 ultraäänivesimittari ja eri hälytysten selitteet (Kamstrup 2015; Kamstrup 2012, 2)



Landis+Gyrin Ultrawater W230 (kuva 15) ultraäänivesimittari soveltuu kuuman ja kylmän veden kotalousmittauksiin sekä vesihuoltolaitoksille pienkiinteistöjen päävesimittariksi tilavuusvirtaus-alueille ( $Q3 = 1,6 \dots 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Tiedonsiirto voidaan toteuttaa langattoman tai langallisen M-Bus -yhteyden avulla sekä pulssilähdöllä. Laite tunnistaa vuodot sekä mittarin jäätymisen. (LANDIS+GYR 2015b.)



**Langaton M-Bus-liitäntä**  
sisäinen antenni



**M-Bus-liitäntä**  
1,5 metrin liitäntäkaapeli



**Pulssilähtö**  
passiivinen, 1,5 metrin liitäntäkaapeli, 4-johtoinen

Kuva 15. Landis+Gyr, Ultrawater W230 Ultraäänivesimittari ja tiedonsiirtomenetelmät (LANDIS+GYR 2015b)

Saint Gobainin Waterbox (kuva 16) ei itsessään ole vesimittari vaan se soveltuu erityisesti mekaanisten vesimittareiden etäluentaan ja paineenvälvontaan. Waterbox toimii päätelaitteena vastaanottaen mittaustietoja vesimittarilta ja sen yhteyteen asennetulta paineanturilta. Laitteeseen on mahdollista kytkeä kaksi impulssilähdöllä varustettua vesimittaria. Laitteessa on sisäänrakennettu GSM-modeemi, eli laite kommunikoi point-to-point-menetelmällä laitetoimittajan datakeskuksen kanssa. Tietoliikenne tapahtuu GSM-verkossa tekstiviestien välityksellä. Datakeskukselta mittaustiedot ja hälytykset siirtyvät asiakkaalle suunniteltuun internet-sovellukseen, josta asiakas voi tarkastella kulutuslukemien tuntisarjoja ja hälytyksiä. Halutessaan asiakas saa hälytystiedot myös tekstiviestinä. Laite saa käyttövirtansa litiumparistosta, jonka toiminta-aika on 7 vuotta. (Saint Gobain 2015.) Impulssitietona saatu kulutuslukema ei ole kelvollinen laskutuksen pohjana, koska menetelmässä esiintyy lukuisia ongelmia. Impulssitieto soveltuu ennemminkin asiakkaan omaan vedenkulutuksen seurantaan. Menetelmä tällaisenaan ei ole suositeltava vesihuoltolaitosten käyttöön.



Kuva 16. Saint Gobain, Waterbox vesimittareiden etäluennan päätelaite (Saint Gobain 2015)

## 5.2 Tiedonsiirto etäluentajärjestelmässä

Tiedonsiirto mittareilta luentajärjestelmään voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa mittaustiedot siirtyvät vesimittareilta päätelaitteeseen, joka toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään. Erilaisia päätelaitteita ovat keskittimet, tietoliikennemodeemit, ja moduulit kuten pulssinke-ruuyksiköt. Toisessa vaiheessa mittaustietoja keräävä päätelaite käsittelee mittaustiedot tarpeen mukaan ja ohjaa ne luentajärjestelmään. Luentajärjestelmän palvelinten ja mittaustietoja hyödyntävien tahojen välinen tietoliikenne toteutetaan yleensä internetin välityksellä.

Järjestelmään tarvitaan myös tekniikkaa vastaanottamaan ja edelleen lähettämään etäluettavien vesimittareiden kulutustietoja. Tiedonsiirtotekniikoita voi soveltaa järjestelmässä myös rinnakkain - esimerkiksi mittaustieto voidaan siirtää langallisena välätiedonsiirtona mittaustietoja keräävälle keskusyksikölle ja keskusyksiköltä GSM/GPRS -yhteyden välityksellä luentajärjestelmään. Nykyisin tämä tarkoittaa käytännössä teleoperaattoreiden GSM-verkoissa toimivien pakettikytkentäisten tiedonsiirtopalveluiden hyödyntämistä. Langattomassa tiedonsiirrossa on todettu olevan lukuisia ongelmia johtuen vesimittareiden sijainnista kiinteistöjen pohjakerroksissa. Lisäksi langattomien radioverkkojen ruuhkaisimpien tuntien käyttäjämäärät vaikuttavat tiedonsiirron onnistumiseen.

Mittaustietojen tiedonsiirtotapaa valitessa tulee ottaa huomioon vesimittarin sijaintiin, virransyöttöön ja tiedonsiirron tietoturvaan liittyvät ongelmat. Siirrettävä tietomäärä mittareiden etäluennassa on pieni, joten tiedonsiirtonopeudella ei ole kovinkaan suurta merkitystä. Enemmän vaikutusta tiedonsiirtotavan valintaan on luentakertojen tiheydellä. Siis sillä, että päästäänkö valitulla tiedonsiirtotekniikalla haluttuihin tuloksiin. Etäluettavien vesimittareiden virransaanti on usein tiedonsiirtovaihtoehtoja rajoittava tekijä – virtalähteeksi on ideoitu jopa vesijohtoihin asennettavia mikroturbiineja, jotka hyödyntävät verkoston virtaamaa energiantuottamisessa.

Etäluettavan vesimittarin kulutuslukemien tiedonsiirto voi tapahtua useiden tekniikoiden yhteistyönä ja erilaisin arkkitehtuurein. Suurin vaikutus tiedonsiirtojärjestelmän toteuttamiseen on mittareiden ja

laitteiden etäisyydellä toisiinsa. Mittari voi lähettää tietonsa suoraan luentajärjestelmään point-to-point-tiedonsiirtona, joka tapahtuu esimerkiksi GPRS-modeemin avulla. Menetelmä soveltuu etenkin alueille, joissa mittareita on harvassa. Useiden lähekkäin olevien mittareiden mittarilukemien tiedonsiirtoon käytetään taas väyläratkaisuun perustuvaa menetelmää. Väylään kytketyt mittalaitteet on kytketty toisiinsa kaapeloinnin avulla ja yksi väylän päätelaitteista toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään. Keskitinratkaisussa mittarit kommunikoivat yleensä langattomia tiedonsiirtomenetelmiä hyödyntäen keskittimen kanssa, joka välittää tiedot kootusti luentajärjestelmään. (Piispanen, 2006 7.)

Diplomityössä ” Sähkömittareiden kaukoluennan kannattavuus ja käyttöönotto sähköverkkoyhtiöissä” (Karkkulainen 2005) jaotellaan tiedonsiirtomenetelmään vaikuttavat tekijät kustannuksiin, tekniisiin vaatimuksiin ja muihin vaikuttajiin seuraavasti:

### 1. Kustannukset

- tietoliikennemaksut
- etäluennan palveluntarjoajan mittauspaikkakohtaisesti veloitettavat kulut

### 2. Tekniset vaatimukset

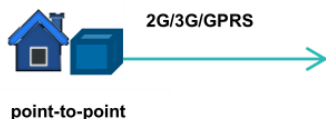
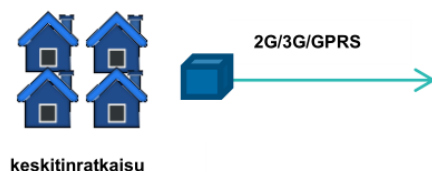
- tekniset rajoitteet, kuten älykkäiden vesimittareiden virtaratkaisujen vaikutus.
- tiedonsiirron estot ja häiriöt
- tiedonsiirron nopeus ja kapasiteetti
- tekninen monimutkaisuus ja uusimman tekniikan saatavuus

### 3. Muut vaikuttajat

- asiakkaiden tärkeys ns. suurten vedenkuluttajien erikoisvarustelu
- vesilaitoksen toimintapolitiikka
- aikaisempien etäluentahankkeiden kokemukset
- omistuksessa olevat tiedonsiirtoyhteydet. (Karkkulainen 2005, 56.)

### 5.2.1 Pitkän kantaman tiedonsiirto

Pitkän kantaman tiedonsiirto voidaan toteuttaa hyödyntämällä teleoperaattoreiden tarjoamia langattomia matkapuhelinverkkoja. Matkapuhelinverkossa laitteet kommunikoivat radioverkon välityksellä tukiasemia hyödyntäen. Valmis verkkoinfrastruktura ja melkein koko Suomen kattava peittoalue ovat teleoperaattorin tarjoaman verkon huomattavia etuja. Yhteys mittarilta luentajärjestelmään voidaan toteuttaa mittarin läheisyyteen sijoitettavan tai mittarin rakenteessa jo olevan tietoliikenne-moduulin tai -yksikön avulla. Yleisimmin tiedonsiirtoon käytetään radiolähetintä (radioyhteys) tai GSM/GPRS-modeemia, joka käyttää tiedonsiirtoon 2G-, 3G-, tai 4G-datayhteyttä tai pakettikytkentäistä GPRS-yhteyttä. Ratkaisu voidaan toteuttaa edellä kuvatuilla menetelmillä jokaiselta mittarilta erikseen point-to-point-menetelmänä tai keskitetysti, jolloin yksi alueen päätelaitteista toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään ja muut laitteet välittävät mittaustiedot päätelaitteelle (kuvio 2). (Piispanen, 2010.)



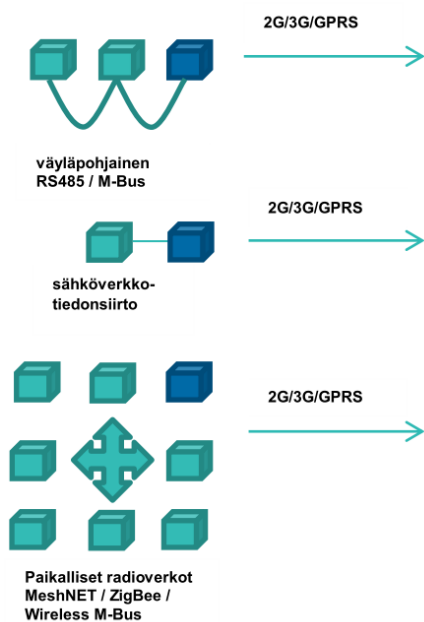
Kuvio 2. Keskitinratkaisu ja point-to-point-tiedonsiirto

#### **GSM/GPRS**

GSM-verkko mahdollistaa puheen ja datan siirron teleoperaattoreiden tarjoamassa matkapuhelinverkossa. Kulutusmittareiden etäluentaan GSM-verkko tarjoaa valmiin koko Suomen kattavan ratkaisun. Mittaustietojen siirto matkapuhelinverkossa voi tapahtua kolmella eri tavalla, jotka ovat GPRS, SMS sekä GSM-data. GSM-data on nykyisin lähes täysin korvattu uudemmilla tekniikoilla, kuten toisen ja kolmannen sukupolven 2G- ja 3G-yhteyksillä. GSM-verkon eri sovelluksilla mittaustiedot siirtyvät salatussa digitaalimuodossa luentajärjestelmään. Tiedonsiirto toteutetaan GSM-modeemin avulla. GSM-verkon käytöstä aiheutuu teleoperaattori- ja tiedonsiirtokustannuksia. (Karkkulainen 2005, 58–59.)

### 5.2.2 Lyhyen kantaman tiedonsiirto

Vesimittareiden ja niiden kulutuslukemia keräävän keskittimen välinen tiedonsiirto voidaan toteuttaa hyödyntäen lyhyen kantaman radioverkkoja, väyläratkaisuja ja sähköverkkotiedonsiirtoa. Keskitinratkaisussa mittaustiedot kerätään yhdelle tai useammalle keskittimelle, jotka toimivat yhdyskäytävänä luentajärjestelmään hyödyntämällä maksullisia pitkän kantaman yhteyksiä. Usein yksi verkon mittalaitteista voi toimia yhdyskäytävänä luentajärjestelmään (kuvio 3). Tällaisella menetelmällä vähennetään tiedonsiirrosta ja laitehankinnoista aiheutuvia kustannuksia. (Piispanen 2010, 12.)



Kuvio 3. Lyhyen kantaman tiedonsiirto

#### PLC-sähköverkkotiedonsiirto

PLC-sähköverkkotiedonsiirtoa käytetään etenkin etäluettavien sähkömittareiden mittaustietojen etäluentaan – siinä kulutuslukemat siirretään muuntamoilla oleviin keskittimiin sähköverkkoa pitkin. Soveltuvuus vesimittareiden etäluentaan on tässä menetelmässä kyseenalaista, sillä vesimittari täytyisi liittää sähköverkkoon ja sähköverkon käyttö tiedonsiirtoon vaatii sähköyhtiön suostumuksen. Vesimittarin kytkeminen suoraan sähköverkkoon aiheuttaisi lisäksi turvallisuusongelmia. (Landis+Gyr 2012.)

### **Paikalliset radioverkot**

Kulutusmittareiden etäluennassa käytetyt radioverkot hyödyntävät yleensä jotakin ilmaista lisenssi-vapaata taajuusalueita, joka on edullinen ja soveltuu hyvin mittaustietojen tiedonsiirtoon ruuhkaisinakin tunteina pienten datamäärien ansiosta. Langattomat paikalliset radioverkot perustuvat nykyisin Mesh-verkkotopologiaan, joka sallii verkon solmukohtien vapaan kommunikoinnin keskenään. Verkkotopologia kuvastaa verkon rakennetta sekä sen miten verkon laitteet käsittelevät verkkoliikennettä. Mesh-verkkoon liitetyt älykkäät mittarit kommunikoivat muiden verkkoon liitettyjen laitteiden kanssa ja liittävät itsensä verkkoon automaattisesti. Verkko sietää hyvin häiriöitä ja ongelmatilanteita useiden vaihtoehtoisten signaalien reititysten ansiosta. Radioverkko voidaan toteuttaa jokaiseen kulutusmittariin liitettävällä radiomoduulilla joka varustetaan tarvittaessa ulkoisella antennilla. (Karkkulainen 2005, 59.)

Tällöin jokainen verkkoon liitettävä mittari toimii verkon solmuna, joka ottaa mittaustietoja vastaan muilta mittareilta sekä välittää sitä eteenpäin. Yksi tai useampi verkon päätelaite toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään hyödyntäen GSM- tai GPRS-yhteyksiä. Verkko osaa reitittää itsensä automaattisesti, jos jokin mittari poistetaan, lisätään tai siihen ei saada yhteyttä. Tällainen paikallinen radioverkko toimii luotettavasti ja varmasti useiden vaihtoehtoisten reititysten avulla. Seuraavaksi esiteltävä ZigBee -verkkoteknologia on eräänlainen paikallinen radioverkko.

### **ZigBee**

ZigBee on langaton verkkoteknologia, joka perustuu IEEE 802.15.4 -standardiin. ZigBee hyödyntää alhaisia tiedonsiirtonopeuksia muista langattomista verkoista poiketen. ZigBee -verkon etuja on alhainen virrankulutus, luotettavuus, kustannustehokkuus, turvallisuus ja avoin standardi. (Sintonen, 2012.)

Langaton ZigBee -verkko koostuu toistensa kanssa kommunikoivista solmuista eli laitteista, jotka hyödyntävät IEEE 802.15.4 -standardin radioverkkoa. Verkon laitteiden toimintaetäisyys on noin 10–100 metriä 20mW lähetysteholla, lisäantennilla etäisyyttä voidaan kasvattaa jopa 500 metriin asti. Tehokkaalla radiomoduulilla tietojen siirtomatkaa voidaan kasvattaa jopa kilometreihin. ZigBee -laite koostuu mikroprosessorista, radiosta, antennista ja energialähteestä. Energialähteenä käytetään tavallista alkaliparistoa, jolla laite voi toimia vuosia riippuen lähetystehosta ja yhteydenottojen määrästä. (Kallioniemi, 2009.)

ZigBee -verkko on toteutettavissa jo kahdella laitteella, joista toinen toimii verkon koordinaattorina. Yhteen verkkoon on mahdollista lisätä noin 65 000 laitetta. ZigBee -verkko on mahdollista muodostaa tähti-, puu- tai Mesh-verkkotopologiaa käyttäen. ZigBee verkkoelementit ovat edullisia verrattuna muiden langattomien radioverkkojen laitteisiin. ZigBee -verkosta tiedot voidaan siirtää erilaisten sovitimien ja reitittimien avulla pilvipalveluun tai mille tahansa palvelimelle LAN-, WLAN-, GPRS-, tai 2G/3G-yhteyden välityksellä. (Kallioniemi, 2009.)

### **M-Bus -väylätiedonsiirto**

M-Bus on mittaustietojen siirtämiseen kehitetty kenttäväyläratkaisu. Järjestelmä koostuu väylään liitettävästä tietokoneesta, keskusyksiköstä ja päätelaitteista. Keskusyksikkö kerää tasomuuntimen välityksellä päätelaitteiden eli väylään liitettyjen mittareiden mittaustiedot. Päätelaitteita voivat olla esimerkiksi M-Bus -tekniikalla toimivat vesimittarit tai vesimittarit varustettuna erillisellä M-Bus -moduulilla sekä erilaiset anturit ja pulssinkeruuyksiköt. M-Bus -tiedonsiirtomenetelmä on standardoitu, jolloin useiden eri laitevalmistajien laitteet sopivat samaan järjestelmään. Menetelmä soveltuu hyvin esimerkiksi etäluettavien vesimittareiden kulutuslukemien tiedonsiirtoon yksinkertaisen verkon rakenteen ja alhaisten käyttö- ja toteutuskustannusten vuoksi. M-Bus -tekniikkaa tukevia vesimittareita ja automaatiojärjestelmiä löytyy useilta eri valmistajilta. (Saint-Gobain 2009, 3–4.)

Langallinen M-Bus -väylä soveltuu hyvin käytettäväksi kerrostalojen ja muiden huoneistorakennusten alamittaukseen, kun kaapelointi on järkevää mittareiden ollessa suhteellisen lähellä toisiaan. Kiinteistöjen huoneistokohtaisten vesimittareiden mittaustiedot voidaan koota M-Bus -väylää pitkin keskusyksikköön. Mittaustiedot voidaan lukea suoraan keskusyksikön näytöltä tai siihen liitettyltä tietokoneelta tai ne voidaan siirtää luentajärjestelmään esimerkiksi GSM/GPRS-moduulin avulla. (Saint-Gobain 2009, 7.)

### **M-Bus -keskusyksikkö**

Eri valmistajien tarjoamat M-Bus -keskusyksiköt ovat teknisiltä ratkaisuiltaan pitkälti samanlaisia. Seuraavat esitetyt ominaisuudet löytyvät esimerkiksi Kamstrupin M-Bus MultiPort 250D -mallista. Kyseistä keskusyksikköä käytetään HSY:n etäluennan pilot-kohteessa Helsinki-Vantaan lentoaseman alueella.

M-Bus -järjestelmän keskusyksiköt keräävät ja tallentavat mittareilta tulevat mittaustiedot sekä toimivat M-Bus -väylän ja tietokoneen sekä kiinteistöautomaation yhdyskäytävänä. Keskusyksikkö on yleensä varustettu muistilla, näytöllä ja näppäimistöllä mittaustietojen paikallista luentaa varten. Keskuksia on olemassa myös tasomuunnintyyppisiä, joissa ei ole paikallisluentamahdollisuutta eikä muistia. Tasomuunnin ainoastaan muuntaa M-Bus -protokollan tietokoneen tai muun automaation ymmärtämään sarjaliikennemuotoon. (Saint-Gobain 2009, 6.)

Keskusyksikköön voi liittää erillisen moduulin, joka tukee esimerkiksi GSM/GPRS tiedonsiirtoa edelleen luentajärjestelmään. Yksi M-Bus -keskusyksikkö voi vastaanottaa tietoja yksikön mallista riippuen 60–250 päätelaitteelta. Keskusyksikkö voi toimia myös toistimena, joka mahdollistaa M-Bus -väylän laajentamisen mittareiden ja kaapelipituuden osalta. Yhdellä 250 laitteen keskusyksiköllä, joka toimii pääkeskusyksikkönä ja neljällä toistimella M-Bus -väylään on mahdollista asentaa arviolta 1 250 päätelaitetta ja noin 14 km kaapelia. Keskusyksikkö käyttää verkkovirtaa ja se toimii samalla M-Bus -väylän päätelaitteiden virtalähteenä. (Saint-Gobain 2009, 5–6 .)

**Langaton M-Bus drive-by mobiililuenta**

Mobiililuenta tapahtuu täysin langattomasti ilman kaapelointeja tai lähetinmastoja esimerkiksi tablettiin tai kannettavaan tietokoneeseen liitettävällä M-Bus -mittarinlukijalla, joka vastaanottaa etäluettavien vesimittareiden signaalit. Signaalien keruu tapahtuu mittarin läheisyydestä kävellen tai ohi ajaen. Mobiililuenta soveltuu hyvin vesihuoltolaitosten kunnallisteknisten päämittareiden etäluentaan, johtuen alhaisista investointikustannuksista sekä järjestelmän joustavasta teknisestä toteutuksesta. Järjestelmä voidaan tulevaisuudessa päivittää vaivattomasti kiinteään radioluentaan. Järjestelmässä kiinteistöjen vedenkulutusta mittaavat päävesimittarit on varustettu langatonta M-Bus -signaalia lähettävillä moduuleilla tai mittarit voivat olla erillisiä ultraäänimittareita, joissa on sisäänrakennettu langaton M-Bus -radiolähetin. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Vesimittarin lähettämää signaalia voi heikentää rakennuksen eri materiaalit ja seinämien paksuudet. Tällöin signaalia voidaan vahvistaa lisäantennilla tai mittarin läheisyyteen asennettavalla toistimella. Kaikki moduulit ja lisälaitteet toimivat litium-paristoilla. Myös impulssimittareiden lähettämät impulssitiedot on mahdollista muuttaa langattomaksi M-Bus -signaaliksi erillisen impulssilähettimen avulla, jolloin ne voidaan lukea mobiilivastaanottimen avulla. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)



## 6 KOKEMUKSIA KULUTUSMITTAREIDEN ETÄLUENTAHANKKEISTA

Yksi osa tätä raporttia oli selvittää, kuinka laajasti etäluenta on käytössä Suomessa ja maailmalla sekä millaisia kokemuksia etäluennasta eri yrityksillä ja laitoksilla on. Osana tätä raporttia haastateltiin eri vesi- ja sähkölaitosten edustajia - mittaripäällikkö Mika Nousiaista Helen Sähköverkko Oy:stä ja työpäällikkö Jarmo Viitasta Forssan vesihuoltoliikelaitokselta sekä kahden maailman johtavan energian ja veden älykkäiden mittausratkaisujen toimittajien edustajia – projektipäällikkö Kimmo Björnistä ja järjestelmäinsinööri Jukka Lindholmia Kamstrupilta sekä asiakasvastaava Kai Saarheloja Landis+Gyriltä. Tavoitteena oli selvittää millaisia teknisiä ratkaisuja vesimittareiden etäluentaan on saatavilla ja miten etäluentahankkeen eri prosessit jakautuvat palveluntoimittajan ja asiakkaan välillä.

### 6.1 Energia-alan valmiiden ratkaisujen hyödyntäminen vesimittareiden etäluennassa

Vesihuoltoalalla kulutusmittareiden etäluennan hyödyntäminen on vähäistä verrattuna sähkö- ja kaukolämpöalan nykytilanteeseen. Vesihuoltoala ikään kuin odottaa muilla toimialoilla luotua valmiita etäluennan liiketoimintaympäristöä ja samalla luotua osaamista. Tilanne ei kuitenkaan ole näin vaan erot mittariluentaan siirtymiseen vaihtelee toimialoittain. Sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu yleensä samojen yhtiöiden toimesta, joten lakipakote tuntipohjaisiin sähkömittauksiin on vaikuttanut myös osaltaan kaukolämmön mittareiden etäluentaan.

Vesimittareiden etäluenta ei tarjoa niin kehittyneitä ominaisuuksia, kuin energia-alan vastaavat menetelmät, kuten etäkytkentä, sähkökatkosten havaitseminen ja jännitteen laadun seuranta. Jotkin näistä palveluista vaativat kahdensuuntaisen tiedonsiirron mittarin ja luentajärjestelmän välillä, kun taas vesimittareiden etäluenta voidaan toteuttaa myös yhdensuuntaisena tiedonsiirtona. Kaikkien toimialojen etäluenta olisi mahdollista suorittaa yhteistyönä huolimatta edellä mainituista eroavaisuuksista. Suurin haaste etäluennan yhdistämiselle on teknisten ratkaisujen standardoinnin puute, jolloin eri toimittajien laitteet eivät sovellu samaan järjestelmään. Toimialojen yhteiskäyttöisen etäluennan toteutuksen tulisi käyttää avointa ja standardoitua tiedonsiirtotekniikkaa, joka tukee langatonta tiedonsiirtoa. Oman ongelman yhteistyölle luo myös energia-alalla jo olemassa olevien ratkaisujen soveltaminen vesimittareiden etäluentaan - varsinkin kun nämä ratkaisut ovat yleensä ulkopuolisen palveluntoimittajan tarjoamia. (Aksela 2012, 8–10.)

Verkkoyhtiöillä saattaa olla hyvinkin erilaisia mielipiteitä ja asenteita siitä voiko ulkopuolinen taho hyödyntää heidän tiedonsiirtoverkkojaan ja etäluennan menetelmiään. Forssan vesihuoltoliikelaitos oli ennen etäluentaan siirtymistä tehnyt selvitystä energiayhtiöiden suhtautumisesta yhteistyöhön ja ainakin yksi toimija oli suhtautunut kielteisesti ajatukseen. Ongelmaksi yhteistyölle voi muodostua myös kustannusten jakaminen. (Viitanen 2015-07-06.)

## 6.2 Sähköenergian etäluenta

Sähköenergian etäluenta on toteutettu digitaalisilla sähkömittareilla, jotka välittävät mitatut tiedot sähkönkulutuksesta sähkönkäyttöpaikan ja sähköä tarjoavan verkkoyhtiön välillä. (Immo 2013, 3.) Tiedonsiirtoon sovelletaan tässä raportissa kappaleessa 5.2 esiteltyjä menetelmiä. Sähkömittareiden ja vesimittareiden etäluennan suurimpana eroavaisuutena on se, että sähkömittari, joka on kytketty sähköverkkoon, saa siitä myös käyttövirtansa.

Etäluettavat sähkömittarit ovat joko yhtenäisiä laitteita, joissa tiedonsiirtomoduuli ja varsinainen mittari on yhdistetty tai tiedonsiirtomoduuli on erillinen laite, joka asennetaan mittauspisteen läheisyyteen. Sähkömittareista voidaan lukea kellonaika ja päivämäärä, kulutus, huipputeho, hetkellinen teho, tuntiteho, keskeytysaika, laatu tiedot ja hälytykset. Laki velvoittaa sähkömittareilta tuntikohtaisia kulutustietoja, joten mittareiden tekniikka on suunniteltu tuntikohtaisten rekisteriarvojen keruuseen. (Immo 2013, 13.)

Tiedonsiirto voidaan toteuttaa PLC-sähköverkkotiedonsiirtona muuntamoilla sijaitseviin keskittimiin ja keskittimeltä erillisen tai sisäänrakennetun modeemin avulla etäluentajärjestelmään GPRS-tiedonsiirtona. Sähkömittarissa itsessään voi olla myös sisäänrakennettu GPRS-moduuli, jolloin tiedonsiirto etäluentajärjestelmään on mahdollista toteuttaa myös suoraan mittauspaiikkakohtaisesti. Tiedonsiirto voidaan toteuttaa myös hyödyntämällä paikallisia radioverkkoja, jolloin mittarit kommunikoivat toistensa kanssa radioteitse ja välittävät mittaustietoja yhdelle tai useammalle alueen laitteista, joka toimii yhdyskäytävänä etäluentajärjestelmään. Kerros- ja rivitaloissa sähkömittarit sijaitsevat usein lähellä toisiaan. Tällöin mittarit voidaan kytkeä toisiinsa fyysisellä kaapelilla. Menetelmää kutsutaan sarjaväyläksi ja tällöin yksi väylään kytketyistä mittareista (master) toimittaa mittaustiedot etäluentajärjestelmään, kun muut mittarit (slave) ainoastaan välittävät tiedot master-mittarille. Point-to-point-menetelmä, eli suora yhteys sähkömittarilta etäluentajärjestelmään soveltuu etenkin haja-asutusalueille. Taajamissa voidaan käyttää esimerkiksi ZigBee -radioverkkoa. (Immo 2013, 17–19.)

### 6.2.1 Tapaus Helen

Helen Oy, aiemmin Helsingin Energia, tuottaa sähköä ja kaukolämpöä yhtiön omistamissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa pääkaupunkiseudun alueella. Helen Oy siirtyi sähkömittareiden etäluentaan tavoitteenaan vähentää manuaalisen työn määrää ja kehittääkseen omia prosessejaan. Laajamittaiseen etäluentaan siirryttiin, kun Valtioneuvosto määräsi vuonna 2009, että kaikilta sähkömittareilta pitää pystyä lukemaan tuntitason mittaustiedot vuoden 2013 loppuun mennessä. Etäluennan katsotaan nykyisin olevan taloudellisesti kannattava investointi, joka parantaa asiakkaan tietoutta omasta energiankäytöstä sekä palvelee yhtiön omia toimintoja. (Nousiainen 2015-06-17.)

Etäluennan ongelmat ovat olleet pääasiassa teknisiin ratkaisuihin liittyviä. Etäluennan kustannuksiksi on arvioitu noin 200 €/mittauspaikka. Hinta sisältää mittalaitteen, asennuksen sekä etäluennan tar-

vitsemat tietojärjestelmät. Suurina massoina hankittaessa kustannukset ovat kuitenkin edullisemmat, kertoo Mika Nousiainen Helen Oy:stä. (Nousiainen 2015-06-17.)

Mittariluenta on toteutettu palveluna, joka hankitaan kahdelta eri palvelutoimittajalta, joille maksetaan kuukausittain tietty summa jokaisesta mittauspisteestä. Kummankin toimittajan kanssa yhtiö on solminut määräaikaiset palvelusopimukset mittarilukemien toimittamisesta omiin järjestelmiin. Luentapalveluiden kilpailutus on mahdollista toteuttaa nykyisten sopimusten päätyttyä. Tiedonsiirto mittareilta luentajärjestelmään tapahtuu hyödyntämällä lyhyen kantaman radioverkkoja ja 2G/3G-yhteyksiä. Samassa tilassa olevien mittareiden mittaustiedot kerätään väyläkaapeloinnin avulla ja lähetetään keskitetysti luentajärjestelmään. Palveluntuottajat vastaavat teleoperaattori-, palvelin- ja tietoliikennesopimuksista. Luentajärjestelmästä saadaan kerran vuorokaudessa mittareiden tuntisarjat. (Nousiainen 2015-06-17.)

### 6.3 Vesimittareiden etäluenta Suomessa

#### 6.3.1 HSY:n nykyiset etäluentajärjestelmät

HSY on asentanut Helsinki Vantaan lentoaseman vesiliittymien päävesimittareiksi etäluettavat ultraäänimittarit, joiden mittaustiedot saadaan laskutukseen kerran kuukaudessa siirtotiedostona, josta tiedot voidaan kirjata automaattisesti Aqua-järjestelmään. Mittaustiedot on myös mahdollista saada vesilaitoksen järjestelmiin tarvittaessa ns. keruuajolla, mutta HSY:n asiakaspalvelusta saadun tiedon mukaan keruuajo ei toimi. Alueen etäluenta on kokonaisuudessaan pilot-hankkeena toteutettava koikeilu. Järjestelmän toimittajana on Rejlers Oy, joka vastaa mittaustietojen käsittelystä ja toimittamisesta HSY:n laskutukseen. (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

HSY vastaa nykyisin Helsinki Vantaan lentokentän vedenjakelusta, sitä ennen sen hoiti Finavia Oyj. Aikaisemmin alueen vesimittarit ovat olleet impulssimittareita, joiden pulssit on kerätty samoilla päätelaitteilla mitä käytetään sähkö- ja kaukolämpömittareiden kulutuslukemien tiedonsiirtoon. Impulssimittareilta saadut mittaustiedot on aikaisemmin muutettu virtuaalisiksi lukemiksi. Syitä uuden etäluentajärjestelmän perustamiseen on ollut sähkönjakeluverkon omistajamuutokset sekä sähkömittareiden uusinnat. Uudet vesimittarit ovat ultraäänivesimittareita, joiden mittaustiedot kerätään M-Bus-yhteydellä erillisiin keskusyksiköihin. Keskusyksiköiltä tiedot siirtyvät GSM/GPRS -yhteydellä järjestelmän toimittajan tietokantaan. (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

Mittarikantana käytetään Kamstrupin Multical 62 -vesimittareita, jotka ovat alkuperäisesti suunniteltu kaukolämmön mittaukseen. Vesimittarin dataloggeri tallentaa kulutuslukemat tunnin välein ja mittaustiedot toimitetaan Kamstrupin operoimaan luentajärjestelmään kerran vuorokaudessa. HSY vastaanottaa vesimittareiden tuntisarjat kerran kuukaudessa erillisellä siirtotiedostolla, joka on sovittavissa HSY:n omiin järjestelmiin. Rejlers tarjoaa Finavian alueen toimijoille Web-sovellusta josta pääsee tarkkailemaan omistamiensa kiinteistöjen tai vedenkäyttöpaikkojen tuntipohjaisia vedenkulu- tustietoja. Tuntipohjaisen datan lisäksi mittareilta saadaan myös hälytykset mahdollisista vuodoista. Etenkin kiitoradan maaperään valuva vesi voi aiheuttaa suuria vahinkoja. (Martikainen 2015-09-08.)

Lentokentän alueella syntyy glykolipitoista jätevettä aiheutuen lentokoneiden jäänestomenetelmistä. Tällainen erikoiskäsiteltävä jätevesi mitataan erillisillä jätevesimittareilla, jotka on varustettu pulssiliitännällä. HSY saa järjestelmiinsä tiedot glykolipitoisten jätevesien määrästä erikoislaskutusta varten. (Martikainen 2015-09-08.) Pilot-kohde on toteutettu teknisesti hyvin, mutta mittaustietojen hyödyntämisen suunnittelu on jäänyt toteuttamatta. Kohde on suljettu alue, jonka voisi ottaa osaksi HSY:n aluemittausjärjestelmää ja näin testata vesimittareiden etäluennan roolia verkostonhallinnan tukena. Mittaustietojen tiedonsiirto tulisi myös automatisoida täysin – sähköposti ei ole paras rajapinta. (HSY:n sisäiset järjestelmät.)

### 6.3.2 Tapaus Forssan vesihuoltoliikelaitos

Forssan vesihuoltoliikelaitos on tällä hetkellä siirtymässä laajamittaiseen vesilaitoksen kunnallisteknisten vesimittareiden etäluentaan, joka toteutetaan etäluennan palveluntarjoajan Kamstrupin ratkaisulla. Vesihuoltoliikelaitos on jo korvannut suurimman osan päämittareistaan etäluettavilla vesimittareilla ja etäluenta on jo käytössä näiltä osin. Vesimittareiden etäluentaan siirryttiin, koska haluttiin tarjota asiakkaille omaan kulutukseen perustuvaa kuukausipohjaista laskutusta ja päästä eroon henkilökunnan suorittamasta vuosittaisesta mittarinluennasta. Jatkossa on tarkoitus laajentaa mittaustietojen hyödyntämistä mm. verkostonhallinnan tukena. Vesihuoltoliikelaitoksen alueella on noin 4 000 kunnallisteknistä päävesimittaria, joiden luenta on aikaisemmin suoritettu laitoksen toimesta kerran vuodessa. Hankkeen alussa etäluenta tapahtui pilot-kokeiluna drive-by -menetelmällä, joka oli jo alun perin tarkoitus muuttaa kiinteäksi Radio Link -verkoksi. (Viitanen 2015-07-06.) Seuraavana on lyhyt kuvaus kummastakin menetelmästä.

Drive-by -mobiililuenta tapahtuu täysin langattomasti ilman kaapelointeja tai lähetinmastoja esimerkiksi tablettiin tai tietokoneeseen liitettävällä M-Bus -mittarinlukijalla, joka vastaanottaa etäluettavien vesimittareiden signaalit. Signaalien keruu tapahtuu mittarin läheisyydestä kävellen tai ohi ajaen. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Kamstrupin Radio Link -järjestelmässä mittalaitteet kommunikoivat langatonta M-Bus -yhteyttä hyödyntäen mittaustietoja keräävien keskittimien kanssa, jotka voidaan sijoittaa esimerkiksi korkeisiin maastonkohtiin, radiomastoihin ja vesitorneihin parhaan radioyhteyden toiminnan varmistamiseksi. Langattomat M-Bus -yhteydet käyttävät ilmaista ja avointa teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön suunniteltua ISM-radiotaajuusalueita. Keskitin havaitsee sen kantaman alueella olevat mittarit automaattisesti ja luo yhteyden mittaustietojen tiedonsiirtoa varten. Tiedonsiirtoajat pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä, jotta paristokäyttöiset mittarit voivat toimia mahdollisimman kauan. Keskittimen peitto kaupunkialueella on noin 2,5 kilometriä, mutta toistinasemia käyttämällä peittoalueen ulkopuolelle jäävien mittareiden radiosignaalin kantavuutta voidaan jatkaa. Keskitin toimii järjestelmän päätelaitteena, joka toimittaa kerätyt mittaustiedot luentajärjestelmään. Edellä esiteltyä etäluennan toteutusta sovelletaan nykyisin Forssan vesihuoltoliikelaitoksella. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Nykyisin Forssassa on siirrytty laajalti kiinteään radioluennan pariin ja uusia antennoja ja keskittimiä asennetaan tarpeen mukaan, jotta alueen kaikki vesimittarit saadaan kytkettyä verkkoon. Osassa alueita on tarvetta myös toistinasemille, jotta signaalien kantavuudet saadaan varmistettua. Mittarit lähettävät mittaustietojaan 16 sekunnin välein keskittimille, josta ne ohjataan kootusti tunnin välein luentajärjestelmän palvelimille. Keskittimet hyödyntävät GSM-verkkoa kulutuslukemien siirtämisessä palvelimelle ja niiden modeemit varustetaan teleoperaattoreiden SIM-korteilla. Kulutuslukemat on mahdollista saada palvelimelta Vesikantaan automaattisesti tai ne voidaan hakea tarvittaessa erillisenä tiedostona, joka sovitetaan Vesikantaan. Palveluntarjoaja Kampstrupin kanssa laadittu sopimus sisältää järjestelmäasennukset, palvelinvuokrat, tietoliikenteen, järjestelmän käyttö- ja suunnittelu-tuen sekä erilaisten käyttöönottoprojektien hallinnan. Vesihuoltoliikelaitos vastaa vesimittareiden ja laitteistojen hankinnasta ja asennusten toteutuksesta. Forssassa ollaan oltu tyytyväisiä Kamstrupin toimintaan. (Viitanen 2015-07-06.)

Forssan vesihuoltoliikelaitoksen liikevaihdesta lähes puolet tulee teollisuudesta, jonka vedenkulutus vaihtelee ajan suhteen huomattavasti enemmän kuin kuluttaja-asiakkaiden. Näiden suurten vedenkuluttajien etäluentaa toteuttaa toinen palveluntarjoaja. Syitä erillisen järjestelmän perustamiselle on ollut, että ajatus suurten kuluttajien varustamisesta etäluennalla lähti eri tarpeista aikaisemmin liikkeelle ja järjestelmän rakenne eroaa tyypillisten kuluttaja-asiakkaiden vedenkulutuksen etäluennasta. Näiltä suurilta vedenkuluttajilta saadaan reaaliaikaista tietoa, verkostoon pumpattavan veden säätelyä varten. (Viitanen 2015-07-06.) Huomattavaa on, että etäluennan palveluntarjoajien, kuten Kamstrupin vesimittarit soveltuvat yleensä vain tilavuusvirta-alueille 1,6...40 m<sup>3</sup>/h.

Kokemuksina saadun tiedon perusteella vesimittareiden vaihtosykli kannattaa toteuttaa jo olemassa olevan vaihtosyklin mukaisesti, jotta jatkossa vaihtotyöt eivät ajoitu lähes tietylle ajanhetkelle mittareiden tekniikan tai paristojen pettäessä. Forssassa mittareita asentaessa ongelmia on aiheutunut inhimillisistä virheistä sekä erityisesti kiinteistöjen huonokuntoisista vesilaitteista, jotka on jouduttu uusimaan samalla. Huolellinen asennustilanteen suunnittelu ja vaihtosyklin oikea ajoittaminen tehostavat hankkeen toteutusta ja säästävät ylimääräisiltä kustannuksilta. (Viitanen 2015-07-06.)

Myös etäluennalla saatavien mittaustietojen hyödyntäminen ja tiedonsiirto organisaation eri osastojen ja järjestelmien välillä tulee suunnitella tarkasti ennen hankkeen aloittamista. Forssan tapauksessa on ilmennyt myös asiakkaiden pyyntöjä seurata omaa vedenkulutustaan esim. epäillyn vuodon perusteella. Tällaiset tilanteet voivat johtua vesilaitoksen viestinnän aiheuttamista vääristyneistä mielikuvista. Jos ja kun tällaista vuotojen seuranta ei ole mahdollista toteuttaa, sen on käytävä selkeästi ilmi asiakkaan ja vesilaitoksen välisissä sopimuksissa. (Viitanen 2015-07-06.)

### 6.3.3 Muut vesilaitokset

#### **Jyväskylän Energia Yhtiöt, Vesihuolto toimiala**

Jyväskylässä vesimittareiden etäluentaa on harkittu, mutta toteutusta ei laajemmassa mittakaavassa ole suoritettu. Syyksi nähdään etäluentajärjestelmän toteutuksen kustannukset sekä nykyisiin menetelmiin kohdistuvat muutokset esimerkiksi työmäärässä. Ajatuksena on ollut, että jos vesimittareiden etäluentaa lähdetään toteuttamaan, niin aluksi varustettaisiin vain suuret vedenkuluttajat.

## 6.4 Etäluennan palveluntarjoajat Suomessa

### 6.4.1 Forssan etäluennan palveluntarjoaja Kamstrup

Kamstrup toimittaa kulutusmittareiden mittausratkaisuja vesi- ja energialaitoksille sekä muille mittariluuntaa harjoittaville toimijoille, kuten taloyhtiöille ja liikerakennuksille sisäisen laskutuksen ja energiatehokkuuden parantamiseen. Kamstrupin omistaja on tanskalaisyritys OK. Kamstrup on mittausratkaisujen kokonaistoimittaja, jonka palveluihin kuuluu mittalaitteiden toimittamisen, kehittämisen ja valmistamisen lisäksi tiedonsiirtomenetelmiin sekä mittaustietojen hallintaan liittyvät ratkaisut. Lisäksi Kamstrup tarjoaa ylläpito- ja käyttöpalveluita sekä laajan ohjelmistojen ja palveluiden valikoiman järjestelmien täyden hyödyntämisen tueksi. Kamstrupin mittausratkaisujen pohjana toimivat yrityksen omana toimintana kehitetyt älykkäät ultraäänimittarit. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Kamstrupin etäluentaratkaisuissa hyödynnetään älykkäitä ultraäänivesimittareita, joiden tekniikka mahdollistaa uusimmat ominaisuudet, kuten takaisinvirtaus-, kuivakäynti- ja vuotohälytykset. Ultraäänimittarit havaitsevat myös erittäin pienet tilavuusvirrat ja niillä on jo käytännössä onnistuttu havaitsemaan kiinteistöjen sisällä vuotavia vesilaitteistoja. Myös väärinpäin asennetut mittarit ovat antaneet hälytyksen takaisinvirtauksesta. Mittarin dataloggeriin eli muistiin tallentuu 36 kuukauden ja 460 päivän mittaustietojen lisäksi mm. hälytyksistä aiheutuvia infokoodoja. Ongelmatilanteissa mittaustiedot ja infokoodit ovat siis paikallisesti saatavissa mittareilta. Toimittajan tarjoamat ultraäänimittarit saavat käyttövirtansa litiumparistosta ja niiden käyttöikä on noin 16 vuotta riippumatta lähetystiheydestä, joka Kamstrupin järjestelmissä on 16 tai 96 sekuntia. Mittareiden todellinen käyttöikä selviää tarkemmin vasta olemassa olevien hankkeiden edetessä. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Mittareiden etäluenta perustuu langattoman M-Bus -signaalin vastaanottamiseen, joko mobiilisti USB-väylään kytkettävällä antennilla tai kiinteillä keskittimillä. Keskittimille tiedot kerätään niiden välittömään läheisyyteen asennettavien tehokkaiden antennien avulla. Edullisin ja yksinkertaisin ratkaisu on langaton drive-by mobiililuenta, joka voidaan toteuttaa yksinkertaisesti ohi ajaen tai kävelen etäluettavilla vesimittareilla varustettujen kiinteistöjen läheisyydestä. Ultraäänimittarit lähettävät mittaustiedot sisältävää signaalia vastaanottomenetelmästä riippuen 16 tai 96 sekunnin välein riippumatta siitä vastaanotetaanko tietoa. Lyhyempi lähetystiheys on tarkoitettu erityisesti mobiililuentaan, kun taas kiinteille keskittimille riittää harvempi lähetysväli. Mittarin ja keskittimen välinen tietoliikenne on suojattu 128-bittisellä AES-salauksella. Mittarilta luentajärjestelmään lähetettävät mittaustiedot sisältävät mittarin yksilöivän numerosarjan ja mitatut kulutuslukemat sekä infokoodit esimerkiksi

vuotohälytyksistä. Jokaisella luentakerralla mittareilta saadaan senhetkinen mittarilukema, mittarilukema kuluvan kuukauden ensimmäiseltä päivältä sekä sillä hetkellä aktiiviset tai viimeisen 30 päivän aikana aktiivisina olleet infokoodit. Lisäksi mittareilta voidaan halutessa saada tietoa edellisen kuukauden maksimivirtausnopeuksista. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.) Taulukossa 4 on esimerkki drive-by luennalla saatavista mittaustiedoista. Drive-by luennassa ohjelmisto muuntaa mittaustiedot XLS- tai CSV-tiedostoksi, jotka ovat sähköisesti vietävissä vesihuoltolaitoksen järjestelmiin. (Kamstrup 2011.)

Taulukko 4. Esimerkki drive-by luennalla saatavista mittaustiedoista

Mittarinumero	Osoite	Mittarityyppi		Päiväys	Tilavuus V1	Info	Käyttötuntimittari	Tilavuus H
12345	Testikuja 1	MC21	Cold Water	12-02-2016 13:37	4,521 m3	Leak	903 h	1,502 m3
12346	Testikuja 2	MC21	Cold Water	12-02-2016 13:37	2,17 m3		1103 h	0,741 m3
12347	Testikuja 3	MC21	Cold Water	12-02-2016 13:37	3,986 m3	Dry	1102 h	1,63 m3
12348	Testikuja 4	MC21	Cold Water	12-02-2016 13:37	11,108 m3		1103 h	4,593 m3
12349	Testikuja 5	MC21	Cold Water	12-02-2016 13:37	1,6 m3	Reverse	1104 h	0,641 m3

Keskitynratkaisussa mittarit lähettävät mittaustietoja keskittimelle, josta ne toimitetaan luentajärjestelmään automaattisesti ajastettuina tai käskystä. Kaikki mittausmenetelmät käyttävät yhdensuuntaista tiedonsiirtoa vesimittareilta niiden kulutuslukemia keräävälle keskittimelle, jolloin mittareille ei voida lähettää dataa tai käskyä. Vesimittareiden mobiililuenta voidaan tulevaisuudessa päivittää kiinteäksi radioluennaksi niin kuin Forssan Vesihuoltoliikelaitoksella ollaan nyt tekemässä. Luentamenetelmän muuttaminen ei edellytä vesimittarin vaihtamista tai ohjelmointia. Kummankin etäluentamenetelmän ongelmaksi ovat muodostuneet signaalin vaimenemisesta aiheutuvat häiriöt, jotka voidaan kuitenkin ratkaista lisäantennien ja toistinasemien avulla. Keskittimiä ei myöskään aina saada asennettua sinne missä niiden signaalien vastaanotto olisi tehokkainta. (Björninen ja Lindholm 2015-07-06.)

Kamstrup tarjoaa vesimittareiden etäluentaratkaisuja osa- tai kokonaispalveluna. Yleensä asiakas vastaa vesimittareiden ja niiden tiedonsiirtoon vaadittavien laitteiden hankinnasta sekä asennuspalveluiden toteutuksesta. Mittaustiedot tallennetaan erilliselle palvelimelle, joka sijaitsee Tanskassa, josta mittaustiedot on saatavissa asiakkaan järjestelmiin. Tarvittaessa asiakas saa ne pyydettyä käyttöönsä. Kamstrupin rooliin kuuluu lisäksi palvelin- ja tietoliikennetarkistukset – Kamstrup siis käsittelee mittaustiedot asiakkaan järjestelmiin soveltuvaksi. Keskustelujen perusteella Kamstrup näkee etäluennan parantavan vesilaitoksen laskutusta sekä vesimittareiden mittaustarkkuutta. Mittaustarkkuuden paraneminen perustuu siihen, että ultraäänimittari ei sisällä mekaaniselle kulumiselle altistuvia liikkuvia osia. Lisäksi sen mittaustarkkuus säilyy myös alhaisten tilavuusvirtojen aikana, jolloin laskuttamattoman veden määrä vähenee. (Björninen ja Lindholm, 2015-07-06.)

#### 6.4.2 Etäluennan palveluntarjoaja Landis+Gyr

Landis+Gyr on vuonna 1896 Sveitsissä perustettu yritys, joka toimittaa erilaisia energianmittausratkaisuja vesi-, sähkö-, kaukolämpö- ja kaasuyhtiöille 30 eri maassa. (Landis+Gyr 2015a.)

Landis+Gyrin tarjoamat etäluennan ratkaisut käsittävät älykkäät vesimittarit ja niiden mittaustietojen lähettämiseen vaaditut menetelmät sekä tietojen hallinnoinnin luentajärjestelmässä. Yritys tarjoaa myös järjestelmän toiminnan kannalta oleelliset luenta- ja koulutuspalvelut. Landis+Gyr näkee vesimittareiden etäluennan parantavan vesijohtoverkoston vuotojen havaitsemista, joka tehostaa verkoston hydraulista hallintaa ja auttaa kohdentamaan tulevia investointeja. Asiakaspalvelun paraneamisen mahdollistaa asiakkaiden vesimittareilta saatavat tiheimmät mittaustiedot sekä mahdollinen kulutusperusteinen laskutus. Yrityksen tarjontaan kuuluu myös web-pohjaiset asiakasportaalit vedenkulutuksen seurantaan. (Landis+Gyr 2015a.) Asiakkaalle tarjottavat kokonaisuudet koostuvat eri palveluista, joita ovat vesimittareiden toimitus, kommunikaatiopalvelut, asentaminen, projektointi, järjestelmäintegraatio ja luentapalvelut.

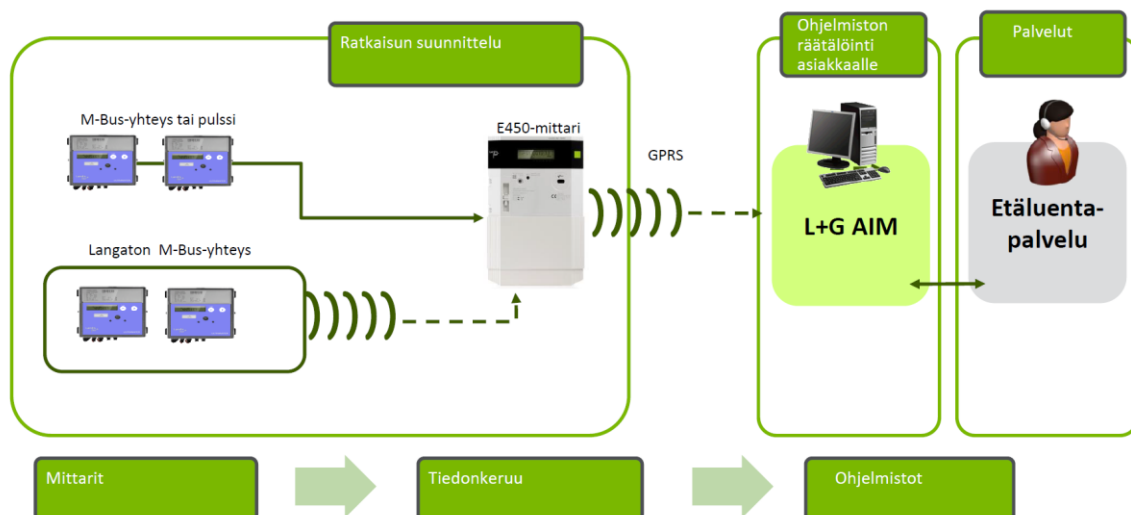
Etäluettavien vesimittareiden mittaustietoja vastaanottaa erillinen luentapääte, joka kommunikoi mittarin kanssa joko pulssi- tai M-Bus -yhteyttä hyödyntäen. Luentapääte vastaanottaa mittarin tai mittareiden mittaustiedot esimerkiksi tunnin välein ja lähettää ne edelleen luentajärjestelmään, joka kerää mittaustiedot hyödyntämällä GPRS/GSM-, Ethernet-, Radio- tai PLC-tiedonsiirtoa. Yksi esimerkki tällaisesta järjestelmästä on energianmittausratkaisuja toimittavan Landis+Gyr yrityksen älykkään mittauksen kokonaisratkaisu, joka sisältää mittauksen, tiedonsiirron, verkonhallinnan, ohjelmistot ja verkkosovellukset sekä kuluttajien energianhallintatyökalut ja palvelut. (Landis+Gyr 2015a.)

#### **Referenssit**

Landis+Gyr on toimittanut vuosien 2008–2009 aikana Jyväskylän Energialle kaukolämmön etäluennataratkaisun, joka kattaa kaikki 4 500 mittauspistettä. Landis+Gyrin rooliin sisältyy hankkeen projektointi, mittareiden ja luentapäätteiden toimitus, tietoliikennetaratkaisut, AMR-järjestelmän integrointi asiakkaan mittaustietokantaan sekä MRS-luentapalvelun (Meter Reading Service) toteuttaminen. Jyväskylän Energian toivomuksesta järjestelmä toteutettiin niin, että samalla järjestelmällä on mahdollista tulevaisuudessa etälukea myös vesimittareita. (Saarhelo 2015-07-31.)

Etäluenta toteutetaan keräämällä vesimittareiden lukemat erilliselle luentapääteelle hyödyntäen langatonta tai langallista M-Bus -yhteyttä (kuvio 4). Tiedonsiirto on mahdollista toteuttaa myös pulssiliitännällä. Pulssiluennassa esiintyy kuitenkin erilaisia ongelmia – tulevatko kaikki pulssit, tuleeko niitä liikaa ja mitä vesimäärää yksi pulssi vastaa, kun verkossa saattaa olla useita erilaisia mittareita eri pulssivakioilla. M-Bus -tiedonsiirrossa kulutustiedot ovat todellisia rekisterilukemia. Luentapääte tallentaa mittarilukemat tuntiarvoina (vesimäärä tunnin aikana) laitteen sisäiseen muistiin. Luentapääteiltä tuntipohjaiset mittaustiedot siirtyvät yleensä kerran päivässä järjestelmän keskusasemalle, josta tiedot toimitetaan tilaajan mittaustietokantaan tai johonkin toiseen integraatorajapintaan, kuten Vesikantaan tai johonkin toiseen asiakastieto- ja laskutusjärjestelmään. (Saarhelo 2015-07-31.)





Kuvio 4. Ultraäänivesimittarit varustettuna M-Bus -yhteydellä ja mittaustietoja vastaanottava E450-luentapääte (Saarhelo 2015-07-31)

Entiselle Kajaanin Energialle, nykyiselle Loisteelle Landis+Gyr on toteuttanut sähkön etäluentaratkaisun, joka käsittää 50 000 mittauspistettä. Tässä tapauksessa tilaajana toimiva Loiste operoi itse AMR-järjestelmää. Alkuperäisesti sähkömittareille suunniteltua luentajärjestelmää on nykyisin alettu tarjoamaan lähikuntien vesimittareiden etäluenta varten – muun muassa Sotkamon kunnalle. (Saarhelo 2015-07-31.)

Landis+Gyr on toteuttanut sähkömittareiden etäluentaratkaisun myös Turun Energialle. Luentapalvelu käsittää 60 000 mittauspaikkaa. Lisäksi Turun Energian tarjoaman kaukolämmön 5 000 mittauspistettä on varustettu etäluennalla. Landis+Gyrin rooliin hankkeissa sisältyy projektointi, mittalaiteratkaisut, luentapäätteet, kommunikointi, järjestelmän integrointi tilaajan mittaustietokantaan ja luentapalvelun toteuttaminen. Turun Energialla on mahdollisuus hyödyntää sähkön- ja kaukolämmön etäluentaratkaisuja myös vesimittareiden etäluentaan. (Saarhelo 2015-07-31.)

Yhdeltä vesimittarilta kertyy 8 760 tuntipohjaista kulutuslukemaa päivässä, joten tiedontallennukseen on syytä kiinnittää huomiota. Tiedot säilyvät myös sovitun ajan toimittajan AIM-järjestelmässä, mutta se ei ole tiedon pidempiaikainen säilytyspaikka. Landis+Gyr kehittää osaamistaan jatkuvasti ja tutkii uusien mittausratkaisujen liittämistä nykyisiin järjestelmiin. Painemittauksen yhdistäminen etäluettaviin vesimittareihin on ollut ajatuksena ja nyt etsitäänkin sopivaa menetelmää, jolla tekniikkaa saadaan järkevästi sovellettua etäluennan yhteydessä. Yksi ajatus on ollut erillinen paineanturi, jonka analogiaviesti (mA -signaali) muunnetaan M-Bus -kommunikaatioksi, jolloin mittaustiedot saadaan samaan luentapäätteeseen, kuin vesimittareidenkin. (Saarhelo 2015-07-31.)

## 6.5 Älykkäät mittausratkaisut maailmalla

Maailmalla useat vesilaitokset ovat jo siirtyneet vesimittareiden etäluentaan. Siirtymiseen on erityisesti vaikuttanut pyrkimys vähentää vesilaitoksen itse paikallisesti suorittamaa mittariluentaa. Alueilla missä kuivuus ja väestönkasvu aiheuttavat paineita vesilaitoksille vuotojen paikallistaminen ja vedenkäytön säännöstely on erittäin tärkeää, jotta verkoston toiminta saadaan pidettyä tyydyttävällä tasolla. Ratkaisua ongelmaan on haettu älykkäistä mittausratkaisuista, jotta kuluttajat saavat paremman kuvan vedenkäytöstään ja voivat näin osaltaan pyrkiä säännöstelemään sitä. Verkoston palvelukyvyn heiketessä on turvauduttu jopa kiinteistökohtaisiin virtaaman rajoituksiin kauko-ohjauksella toimivan vesimittariventtiilin avulla. Venttiilin kauko-ohjauksella on myös mahdollista sulkea asiakas verkosta esimerkiksi jos vesilaskua ei ole maksettu. Virtaaman rajoittaminen ja sen katkaisu ei kuitenkaan ole sallittua joka maassa. (Waters 2015.)

Älykäs vedenmittaus on lisännyt myös kuluttajille suunnattuja palveluita. Jotkin vesilaitokset tarjoavat asiakkailleen erillisen näyttöpäätteen joka kommunikoi älykkään vesimittarin kanssa ja näyttää asiakkaalle mittarilukeman. Näyttöpääte on mahdollista asentaa esimerkiksi suihkutilaan, jolloin asiakas voi helposti seurata omaa vedenkulutustaan. Edullisempi ratkaisu on asiakkaille suunnatut internet-pohjaiset asiakasportaalit, jossa oman vedenkulutuksen jakautumista voi seurata. Vaihtoehtona voi olla myös laskun mukana tuleva erotteluosa, josta kulutuslukemat näkyvät esimerkiksi päivän välein listattuina. (Waters 2015.) Myös maailmalla vesimittareiden etäluenta on tuonut haasteita mittareiden virtaratkaisujen ja kulutuslukemien tiedonsiirron toteutuksen osalta. Ongelmana on, että ainakaan vielä ei ole selkeitä standardeja jonka pohjalte teknisten ratkaisujen olisi helppo perustua. Monessa tapauksessa etäluentahankkeen haasteena onkin nähty vaikeus ennustaa tulevaisuuden muutoksia. (Fredrick, 2011.)

WSAA (Water Services Association of Australia) on määritellyt älykkäälle vedenmittaukselle seuraavanlaiset termit ja niiden sisällön:

1. AMR (Automated Meter Reading)
2. AMI (Advanced Metering Infrastructure)
3. SWM (Smart Water Metering)
4. IWN (Intelligent Water Networks)

AMR tarkoittaa automaattista vesimittareiden kulutuslukemien keruuta, mutta vaatii mittarinluennan esimerkiksi drive-by menetelmällä. AMI järjestelmä on kiinteä langaton verkkoratkaisu, joka käsittää myös automaattisen tiedonsiirron mittaustietojen hallintajärjestelmään. Älykäs vedenmittaus (SWM) käsittää mittaustietojen hyödyntämisen vesihuoltolaitoksen järjestelmissä esim. laskutusjärjestelmässä sekä tietojen jakamisen vesihuoltolaitoksen asiakkaille. IWN tarkoittaa vesijohtoverkoston älykkäiden ratkaisujen, kuten vesimittareiden, paineantureiden ja muun mittaustiedon hyödyntämistä kaikissa organisaation oleellisissa prosesseissa sekä näin kehitetyn tietotason kohdentamista investointeihin ja yrityksen jatkuvaan toimintaan. (Beal 2014, 31.)

### 6.5.1 Tapaus Malta Smart Grid

Maltalla luontaiset vesilähteet ovat vähäiset – vettä saadaan pohjavesilähteistä ja merivedestä erotamalla suola pois. Nämä menetelmät vaativat sähköä sen vuoksi puhtaan juomaveden valmistaminen on kallista. Hallitus onkin viime vuosina nostanut sähkön ja veden hintoja vaikuttaakseen saaren asukkaiden vedenkulutukseen. Ihmiset ovat reagoineet rajusti hintojen nousuun ja järjestäneet mielenosoituksia. (Goldstein 2010.)

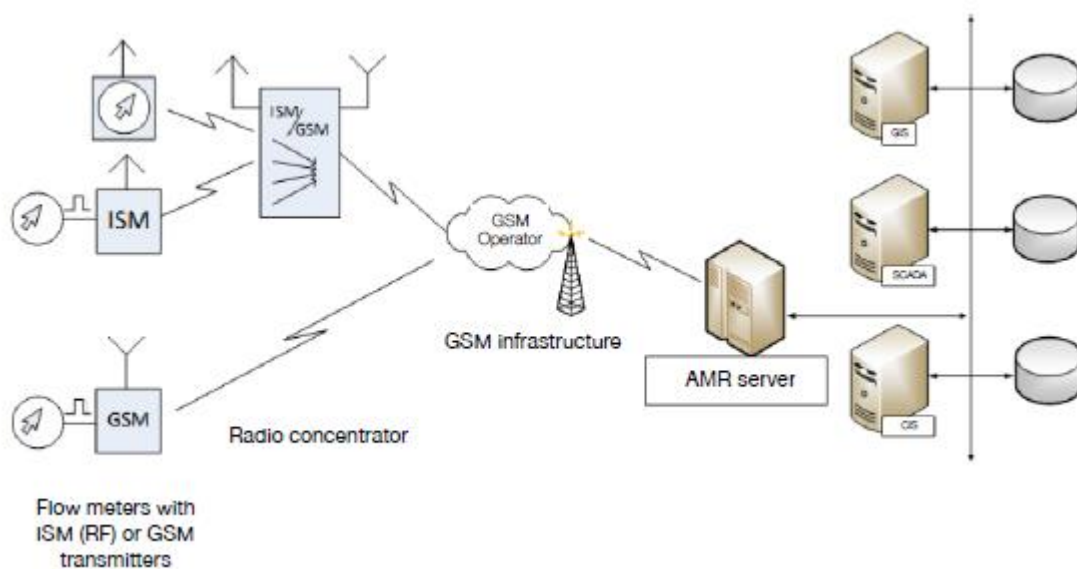
Maltalla on siirrytty laajamittaiseen sähkön- ja vedenkulutuksen etäluentaan. Toteutus on multienergiaratkaisu, jossa kummankin osapuolen etäluentaratkaisu hyödyntää samaa tietojenkäsittelyjärjestelmää. Osallisina Maltan vesihuollosta vastaava Water Service Corporation (WCS) ja energiayhtiö Enemalta Corporation. Järjestelmässä Itronin toimittamat vesimittarit on yhdistetty IBM:n tietojenkäsittelyjärjestelmään Suez Environnementin AMR-ratkaisulla. (Itron 2011.)

Suez Environnementin etäluentaratkaisu perustuu kiinteään keskitinpohjaiseen verkkoon, jossa vesimittarit varustetaan erillisillä radiolähettimillä. Radiolähtetin asennetaan jo olemassa olevan mittarikannan päälle ja Maltan tapauksessa voidaan olettaa aikaisempien mittareiden olleen mekaanisia vesimittareita. Radioyhteydellä kulutustiedot siirretään lähimpään keskitinasemaan, joka ohjaa kulutustiedot luentajärjestelmään GPRS-yhteyden välityksellä. Edellä mainittua menetelmää hyödynnetään Maltalla, jossa arviolta 150 000 vesimittaria on varustettu radiolähettimillä. Radiolähettimet saavat käyttövirtansa paristoista ja tekniikan käyttöiäksi luvataan 15 vuotta. Maltalla samoilla keskittimillä kerätään sekä sähkön, että veden kulutustiedot. Järjestelmää voidaan kutsua multienergiaratkaisuksi. (Enemalta 2015.)

Syitä laajamittaiseen etäluentaan siirtymiseen Maltalla oli, että asiakkaille haluttiin tarjota täsmällistä laskutusta ilman arvio- ja tasauslaskutusta. Lisäksi etäluennalla päästään eroon paikallisesti suoritettavasta mittariluennasta. Perinteisessä mittarinluennassa esiintyi ongelmia mittaritilaan pääsyssä, koska Maltalla on paljon loma-asuntoja, joissa ei asuta ympärivuotisesti. Vesimittareiden etäluennan avulla asiakkaalle voidaan tarjota tietoja omasta vedenkäytöstä ja näin vaikuttaa veden säännösteilyyn, koska Maltalla luontaisia vesilähteitä esiintyy erittäin vähän. (Suez Environnement 2014.)

### 6.5.2 Puolan Mikołówin kaupungin AMR-ratkaisu

Puolassa Mikołówin kaupungin vesihuoltolaitos on suunnitellut ottavansa käyttöön AMR-järjestelmän, jonka tarkoitus on toimia verkostotason mittauksen ja kiinteistökohtaisten vesimittareiden etäluenta-järjestelmänä. Verkostomittauksilla parannetaan vesijohtoverkoston hydraulista mallinnusta ja vesimittareiden etäluennalla tehostetaan vedenkulutuksen ennustamista. Tarkempi ennuste asiakkaiden vedenkulutuksen vaihteluista auttaa tarkentamaan verkostosta luotua hydraulista mallia. Kaikki verkostoon liittyneet asiakkaat tultaisiin varustamaan etäluentaratkaisulla. Tiedonsiirto toteutetaan hyödyntämällä matkapuhelinverkkoa (GSM) ja lyhyen kantaman ISM-radiotaajuuksia. Tiedot toimitetaan palvelimelle, jonka tietokantaan asiakkaiden kulutustiedot tallennetaan. (Pawlak, Studziński ja Wójtowicz 2014, 1–7.)



Kuva 17. Mikołówin etäluentajärjestelmä (Pawlak, Studziński ja Wójtowicz 2014, 5)

## 7 ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN HANKINTAPROSESSI

HSY:n tilanteessa vesimittareiden etäluennalla halutaan ensisijaisesti parantaa verkoston hallintaa ja optimointia. Osaltaan mittareiden etäluenta palvelisi myös aluemittausjärjestelmää tukevana hankkeena. Hankintaprosessi lähtee käyntiin suunnitteluvaiheesta, jossa selvitetään HSY:n oman tekniikan ja osaamisen nykytilanne sekä asetetaan selkeät tavoitteet mitä hyötyjä järjestelmällä halutaan saavuttaa. Oleellista on myös selvittää vesilaitoksen omien IT-järjestelmien soveltuvuus luentajärjestelmän integraatioon.

Seuraavat ominaisuudet on koostettu tämän raportin pohjalta ja kirjoittaja näkee ne älykkään vesimittaroinnin minimivaatimuksiksi.

- vesimittareiden kulutuslukemien luotettava tiedonsiirto
- tiedonsiirron tietoturva
- mahdollisuus etäluentaan vähintään 24 tunnin välein
- mittarin väärinkäytösten havaitseminen
- kulutuksen mittausta ja paikallinen tallennus vesimittarin muistiin vähintään tunnin erottelulla
- mittarin käyttövirran katkeamattomuus
- takaisinvirtauksen havaitseminen
- vesimittarin ilmoittamat vuotohälytykset tai mittaustietojen pohjalta luodut analyysit mahdollisista vuodoista asiakkaan kiinteistössä
- vesimittarin ja sen sisältämän tekniikan käyttöikä on oltava vähintäänkin sama, kuin aikaisemmin käytössä olleen mittaritekniikan (käsitelty kappaleessa 8.2.1)
- mittaustarkkuuden ja sen käytönaikaisen varmentamisen tehostaminen (käsitelty kappaleessa 3.3)

Lisäksi asiakaspalvelun parantuminen ja mahdollisen ajantasaisen laskutuksen tarjoaminen asiakkaille parantaa vesilaitoksen ulkoista imagoa asiakkaiden silmissä. Heti prosessin alussa onkin hyvä selvittää millaisia etäluennan mahdollistamia palveluita asiakkaille halutaan tarjota. Kuten kulutusseurantapalvelu, joka on toteutukseltaan vastaava kuin esimerkiksi sähkönkulutusseuranta. Jo suunnitteluvaiheessa eri käyttäjäryhmien kuten asiakaspalvelun, laskutuksen ja mittarihuollon tulee olla perillä mahdollisista vaikutuksista heidän toimintaansa. Järjestelmän olisi hyvä olla myös muokattavissa vaivattomasti ja edullisesti tulevaisuutta ajatellen. Tekniikan kehitys ja mahdolliset tulevaisuuden muutokset, kuten järjestelmän toimittajan tuen lakkaaminen täytyy ottaa huomioon järjestelmän rakenteessa.

### 7.1 Hankintaprosessin kuvaus

Etäluentajärjestelmä voidaan toteuttaa täysin omana hankkeena, osapalveluna tai kokonaisratkaisuna. Toteutus on täysin riippuvainen organisaation oman osaamisen suhteesta etäluennalle asetettaviin tavoitteisiin. (Karkkulainen 2005, 100.) Oletetaan kuitenkin, että vesihuoltolaitos käyttää jonkun toimittajan tarjoamaa osa- tai kokonaisratkaisua, joka sisältää valmiit ratkaisut vesimittareiden, tie-

donsiirron, laitteistojen, tietojen hallinnoinnin ja ohjelmistojen osalta. Kokonaistoimittajien ratkaisut ovat yleensä täysin asiakkaan räätälöitävissä ja palvelujen määrä ja sisältö ovat asiakkaan päätettävissä. Toimittajalta kannattaa myös selvittää voiko heidän tarjoaman luentaratkaisun kilpailuttaa tulevaisuudessa ja onko järjestelmään mahdollista liittää muiden toimittajien tarjoamia mittalaitteita jo sopimuksen aikana.

Etäluenta voidaan toteuttaa myös osapalveluna, jolloin osa järjestelmästä ja työstä ostetaan ulkoisilta toimittajilta. Palvelun toimittaja voi vastata esimerkiksi järjestelmän käyttöönotosta, mittalaitteiden asennuksesta, mittaustietojen siirto- ja käsittelytehtävistä tai muista järjestelmään oleellisesti liittyvistä toimista. (Karkkulainen 2005, 100.)

Kokonais- tai osaratkaisujen toimittajia valitessa tulee tarkastella toimittajan aikaisempien projektien onnistumista. Hyvät referenssit kertovat ammattitaitoisesta toimijasta, joka kehittää omaa osaamistaan jatkuvasti ja pystyy tarjoamaan asiakkailleen uusia vaihtoehtoja tulevaisuudessakin. Etäluentapalvelun toimittajan on kyettävä edistyneeseen tiedonhallintaan mahdollistaakseen mittareilta saatavien mittaustietojen laajamittaisen hyödyntämisen asiakkaan organisaatiossa. (Karkkulainen 2005, 62.)

### **Työnjako ulkopuolisten toimijoiden kanssa**

Vesilaitoksen omat resurssit tai osaamistaso ei välttämättä riitä kokonaisuudessaan vesimittareiden etäluennan toteuttamiseen. Tällöin kyseeseen tulee ulkopuolisten toimittajien tarjoamat ratkaisut. Etäluentaa toteuttamassa voi olla yksi tai useampi eri palveluja tarjoava yritys. Ratkaisusta riippumatta tehtävien vastuurajoista ja laitehankintojen omistusoikeuksista on sovittava tarkasti. Vesimittareiden etäluenta muodostuu laitetoimituksista, laitteiden- ja järjestelmien asentamisesta ja luentapalvelun toteutuksesta. Etäluentaratkaisujen toimittajat, kuten Landis+Gyr ja Kamstrup tarjoavat vesimittareiden etäluentajärjestelmän laitteistoineen sekä kaikki mittaustietojen käsittelyyn liittyvät palvelinpuolen ratkaisut. Mittaustietojen käsittely pitää sisällään mittarilukemien vastaanoton ja tallennuksen palvelimelle. Seuraavana vaiheena mittaustiedot tarkastetaan ja niistä muodostetaan erillinen siirtotiedosto, joka soveltuu vesilaitoksen järjestelmiin. Palveluntuottaja siis vastaa siitä, että asiakas saa käyttöönsä soveltuvat ja oikeat mittaustiedot vesimittareilta. Vesimittareiden ja niiden tiedonsiirtoon käytettävien laitteiden asennuksen voi suorittaa oman osaamisen mukaan itse, tai se voidaan ulkoistaa osiltaan tai täysin esimerkiksi kokonaisratkaisun toimittajalle, joka etsii sopivan alihankkijan toteutukseen.

Etäluennan ratkaisun toimittaja kannattaa valita ensimmäisessä vaiheessa annettujen vaatimusten mukaisesti. Kyse voi olla hyvinkin yksinkertaisista asioista, kuten mittareiden teknisistä ominaisuuksista ja käyttöiästä, joka älykkäiden mittareiden tapauksessa riippuu pitkälti virtalähteenä toimivan pariston varauksesta. Liian monimutkaiset tiedonsiirtoratkaisut voivat tuoda huomattavia kustannuksia toimimattomuutensa takia. Esimerkiksi langattomien yhteyksien, kuten radioverkon kuuluvuusongelmat lisäävät asiakaspalvelun, laskutuksen ja mittariasentajien työmäärää. Tiedonsiirron kannalta toimintavarmuus menee suorituskyvyn edelle tiedonsiirtojärjestelmää valitessa. (Piispanen, 2005 59). Valittaessa tiedonsiirtoratkaisua täytyy myös päättää halutaanko yksi- vai kaksisuuntainen tie-

donsiirto. Kaksisuuntaisen tiedonsiirron hyvä esimerkki on sähköverkkoyhtiön mittareiden etäkytkentä ominaisuus, jolla asiakkaan sähköt voidaan katkaista yhtiön toimitiloista käsin. Nähtäväksi jää onko vesimittareille tulossa tämän kaltaisia ratkaisuja tulevaisuudessa.

Edellä olevien vaiheiden jälkeen aletaan kartoittaa potentiaalisia toimittajia tarjouspyynnöin. Toimittajien haastatteluilla selviää täyttääkö toimija kaikki hankintaprosessissa määritellyt vaatimukset. Hyvä tarjouspyyntö on yksiselitteinen ja siitä ilmenee selkeästi valintakriteerit. Kuntaomisteisten vesihuoltolaitosten tulee huomioida erityisalojen hankintalainsäädännön vaatimukset toimittajien kilpailutuksen osalta. Kaikista potentiaalisista toimittajista valitaan kilpailutuksen perusteella paras vaihtoehto, jonka kanssa edetään sopimusneuvotteluihin. Sopimusneuvotteluissa toimittajan kanssa laaditaan lopullinen sopimus, josta selviää toimittajan sekä tilaajan vastuulla olevat velvoitteet ja mahdolliset sanktiot. Etäluentajärjestelmän kokonaistoimituksen sopimusneuvotteluissa tulee erityisesti ottaa huomioon sopimuskauden pituus. Mittaustietojen tiedonsiirtoon käytettävien tekniikoiden ja tietoliikenneverkkojen uudistukset saattavat aiheuttaa riskejä tilaajalle sekä toimittajalle. Lopullinen hankkeen toteutus voi tapahtua projektiluontoisesti, jossa hankkeen tehtävät jaetaan pieniin osiin. Projektisuunnitelma pitää sisällään myös aikataulun ja resurssitarpeen selvityksen. (Piispanen, 2005.)

Siirryttäessä vesimittareiden etäluentaan tulee tarkkaan miettiä millä laajuudella ja aikataululla mittarit vaihdetaan käyttökohteisiin. Siirtymisen tulee olla tarkkaan suunniteltua ja mahdollisimman laajasti toteutettua, jotta etäluennan edut saadaan saavutettua. Vesimittareiden vaihtosykli kannattaa toteuttaa jo olemassa olevan vaihtosyklin mukaisesti, jotta jatkossa vaihtotyöt eivät ajoitu lähes tietylle ajanhetkelle mittareiden tekniikan tai paristojen pettäessä. Vaihtoprosessin venyessä syntyy pelkästään lisäkustannuksia eikä verkoston hallinnankaan osalta päästä minkäänlaisiin tuloksiin. HSY:n kannattaa miettiä voisiko mittareiden vaihdon jaksottaa aluemittausjärjestelmän aluejaon mukaan, periaatteella, että yhden alueen suurten vedenkuluttajien päävesimittarit vaihdetaan kerralla. Näin etäluennalla päästäisiin heti saamaan konkreettisia tuloksia olemassa olevan hankkeen tukena. Mittareiden vaihtoa suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon vaihtokohteiden kartoittaminen ja yksilöinti. Tiedotus asiakkaalle ennen mittarivaihtoa helpottaa asentajien pääsyä mittaritalaan. Asennettavien vesimittareiden liitäntöjen, pituuksien ja mahdollinen sähkönsyötön tilanteen selvitys tulee tehdä ennen mittareiden asennuksen aloittamista. Huolellinen asennustilanteen suunnittelu vähentää turhia työmaakäyntejä ja auttaa tarkentamaan kustannusarvioita.

## 7.2 Vesimittareiden etäluennan kustannusten muodostuminen

Automaattisen etäluettavan järjestelmän investointikulut ovat vesilaitokselle suuret johtuen etäluettavien vesimittareiden hankintakustannuksista ja mittaustietojen siirtoon käytettävien laitteiden ja järjestelmien investoinneista sekä asentamisesta.

Vesimittareiden etäluennan kustannusten arviointi on haastavaa, koska kustannusten määrät jakautuvat huomattavasti erilaisten toteutuksien mukaan. Etäluentaan siirtyminen aiheuttaa käyttökuluja

ja sitoo pääomaa. Kustannusten määrään vaikuttaa oleellisesti se miten etäluentaa hyödynnetään toiminnan tehostamisessa ja henkilöstöresurssien tehostamisessa. (Karkkulainen 2005, 84.)

Etäluennan toteutuksen laajuuteen vaikuttaa vesihuoltolaitoksen sille asettamat tavoitteet. Jos etäluennalla halutaan parantaa etenkin asiakaspalvelua pientalojen ja taloyhtiöiden varustaminen etäluennalla voisi olla ensisijainen tehtävä. Verkostonhallinnan tehostamisen kannalta taas suurkuluttajien vedenkulutuksen vaihtelu on arvokasta tietoa. Jos etäluennalla varustetaan vain merkittävät vedenkuluttajat, tiedonsiirto joudutaan toteuttamaan point-to-point-menetelmällä, koska mittauspisteet sijaitsevat pitkien välimatkojen päässä toisistaan. Point-to-point-menetelmässä mittauspaikka-kohtaiset kustannukset kasvavat kalliiden modeemien ja päätelaitteiden hankinta- ja asennuskustannusten seurauksena.

Mittaustietojen tiedonsiirtomenetelmällä on siis oleellinen vaikutus kokonaiskustannuksiin vrt. keskitinratkaisu ja suora point-to-point-tiedonsiirto mittarilta luentajärjestelmään. Suorassa menetelmässä jokaisella mittarilla on oma väylä luentajärjestelmään, joka lisää kalliiden päätelaitteiden, kuten modeemien hankintaa. Edullisin toteutukseltaan on keskitinpohjainen lyhyen kantaman radioverkko, joka on toteutettu kustannuksiltaan alhaisten radiolähettimien avulla. Yleisesti radiopohjaiset keskitinmenetelmät ovat edullisia toteutukseltaan ja radioverkkojen tekniset ongelmat on hyvin huomioitu palveluntarjoajien ratkaisuissa. Tässä raportissa esitetty Kamstrupin Radio Link -menetelmä on yksi esimerkki keskitinpohjaisesta etäluentajärjestelmästä.

Etäluentajärjestelmän kustannukset muodostuvat hankinta- ja asennuskustannuksista sekä etäluentajärjestelmän käyttö- ja ylläpitokuluista. Ylimääräisiä kustannuksia muodostuu mittaustietojen hyödyntämisestä ja järjestelmän vikatilanteiden selvittämisestä. Alkuinvestoinnit ovat huomattavan suuret johtuen vesimittareiden sekä niiden tiedonsiirtoon ja tallennukseen käytettävien laitteiden ja järjestelmien hankintakustannuksista. Etäluentajärjestelmän kokonaishinta vaihtelee suuresti riippuen käytettävästä tekniikasta ja tiedonsiirtoverkosta. Etäluentajärjestelmän käyttö- ja ylläpitokustannukset sekä tietoliikenneverkon käyttömaksut muodostavat suuren osuuden kokonaiskustannuksista, kun ne arvioidaan koko etäluentajärjestelmän elinkaaren ajalta. (Karkkulainen 2005, 80–84.)

#### 1. Hankintakustannukset

- vesimittareiden, keskittimien ja tiedonsiirtomodulien kustannukset
- kaapelointien ja muiden asennustarvikkeiden kustannukset
- luentajärjestelmän ja tiedon tallennuskapasiteetin (palvelin) hankinta- ja ylläpitokustannukset
- ohjelmistolisenssien hankinta (Karkkulainen 2005, 84–86.)

Hankintakustannuksiin lukeutuu myös etäluennan palveluntarjoajan laskuttamat hankkeen suunnittelukustannukset sekä tarvittaviin aloitusprojekteihin liittyvät kustannukset. Kustannuksia aiheutuu myös etäluentaa toteuttavan organisaation omista hankkeistamiseen liittyvistä prosesseista. Lisäksi kustannuksia syntyy oman mittaustietokannan perustamisesta.



## 2. Asennuskustannukset

- vesimittareiden asennuskustannukset
- keskittimien ja tiedonsiirtoa tukevien laitteiden asennuskustannukset
- järjestelmän käyttöönoton kustannukset; esim. laskutus- ja asiakastietojärjestelmien muutostyöt (organisaation sisäisten järjestelmien integraatio luentajärjestelmään)
- yhtiön sisäiset muutokset ja henkilöstön kouluttaminen (Karkkulainen 2005, 84–86.)

Asennuskustannuksiin lukeutuu myös mahdolliset vesimittareiden liitosten muutoskustannukset. Lisäksi verkkovirtaan kytkettävät vesimittarit ja tiedonsiirtoa tukevat laitteet vaativat sähköliitäntöjen tekemisen, jos liitäntää ei ole mittarillassa valmiiksi saatavissa.

## 3. Käyttö- ja ylläpitokustannukset

- mittareiden ja etäluennan mahdollistavien laitteiden sekä etäluentajärjestelmän ylläpito- ja huoltokustannukset
- teleoperaattoreiden tietoliikennekustannukset
- ohjelmistolisensseistä aiheutuvat kustannukset (Karkkulainen 2005, 84–86.)

Käyttö ja ylläpitokustannuksiin lukeutuu myös etäluennan palveluntarjoajalle maksettavat korvaukset esimerkiksi ohjelmistoista, tiedonkäsittelystä, palvelinvuokrista ja pilvipalveluista.

## 4. Ylimääräiset kustannukset

- tiedonsiirron ja mittalaitteiden vikatilanteiden aiheuttamat kustannukset
- toimintahäiriöiden selvitys
- mittaustietojen laajempaan hyödyntämiseen liittyvät kustannukset
- uuden vesimittarikannan ja tiedonsiirtoa tukevien laitteiden varaosiin ja varastointiin liittyvät kustannukset (Karkkulainen 2005, 84–86.)

Vesimittareiden etäluenta voidaan aloittaa pienillä investoinneilla ja vähitellen laajentamalla. Tällainen menetelmä lisää kuitenkin kustannuksia mittalaitetta kohti. Suuremmissa erissä tilattuna mittalaitteet tulevat edullisemmiksi. Edellä mainittu korrelaatio pätee myös asennuskustannuksiin. (Karkkulainen 2005.) Vesimittareiden teknisillä ominaisuuksilla on vaikutusta koko järjestelmän rakentamiseen ja etenkin sen muokattavuuteen. Perinteinen mekaaninen siipipyörämittari voi laitehankintoja ajatellessa vaikuttaa edullisimmalta vaihtoehdolta, mutta se voi asettaa rajoitteita etäluennan toteutukselle ja mittaustietojen hyödyntämiselle. Ultraäänimittarit ovat hankintakustannuksiltaan kalliimpia verrattuna mekaanisiin mittareihin, mutta ne mahdollistavat paremmat tiedonsiirto- ja tiedonkäsittelyominaisuudet. Vesimittareiden ja muiden laitteiden virtaratkaisut ovat ongelmallinen tilanne myös kustannusten kannalta. Verkkovirtaan liittäminen kasvattaa asennuskuluja kaapeloinnin ja mahdollisten sähkötöiden osalta. Kun taas paristoilla toimivat laitteet lisäävät käyttö- ja ylläpitokustannuksia paristojen käyttöiästä riippuen. Asiakkaan kiinteistössä käytettävästä sähköstä täytyy myös maksaa.

### **Esimerkki etäluennan kustannuksista**

Tässä osiossa arvioidaan vesimittareiden etäluennasta aiheutuvia kustannuksia etäluennan palveluntarjoajilta saatujen hinta-arvioiden perusteella. Kustannukset ovat hinta-arvioita ja todelliset kustannukset vaihtelevat aina tapauskohtaisesti.

Vesimittareiden etäluennan kustannukset voidaan esittää jakamalla kokonaiskustannukset mittauspisteiden määrällä – tuloksena saadaan euromääräinen hinta per mittauspiste. Hinta muodostuu laitteiston hankinta- ja asennuskustannuksista sekä mittautietojen tiedonsiirron ja jatkokäsittelyn aiheuttamista kuluista. Kustannuksiin arvioidaan myös palveluntarjoajan projektipalvelut ja ohjelmistolisenssit. Tässä osiossa esiteltävät kustannusarviot eivät sisällä vesimittareiden asentamisesta aiheutuvia kustannuksia, koska yleensä vesimittareiden asentamisen suorittaa vesihuoltolaitos ja kustannukset määräytyvät omien resurssien mukaan. Tässä kappaleessa esitetyt kustannukset painottuvat etäluennan palveluntarjoajien veloittamiin kuluihin.

Kustannusarvio 1 (taulukko 5) on laskettu tapaukselle, jossa taajama-alueelle asennettaisiin 10 000 ultraäänivesimittaria ja etäluenta suoritettaisiin keskitinpohjaisena radioluentana. Kyseisellä tilausmäärällä yhden ultraäänivesimittarin hinnaksi arvioidaan **EI JULKAISTA** euroa. Keskitin-antenniyhdistelmiä alueelle tarvitaan noin 15 ja niiden hinnaksi annetaan **EI JULKAISTA** euroa kappaleelta, hinta sisältää myös asennuksen. Etäluennan palveluntarjoajalta ostetut projektipalvelut ja ohjelmistolisenssit tulevat maksamaan yhteensä arviolta noin **EI JULKAISTA** euroa. Tietoliikenteestä keskittimiltä etäluentajärjestelmään aiheutuu kustannuksia vuodessa **EI JULKAISTA** euroa keskittintä kohden. Mittauspaikkakohtaisesti etäluennan palveluntarjoaja veloittaa lisäksi noin **EI JULKAISTA** euroa kuukaudessa jokaiselta mittarilta, joka tekee **EI JULKAISTA** euroa vuodessa. Vuosittaisia kuluja aiheuttavat mittauspaikkakohtaiset kulut ja tietoliikenne keskittimiltä etäluentajärjestelmään. Kymmenelle vuodelle arvioituna kokonaiskustannuksia etäluennan palveluntarjoajan palveluista syntyy **EI JULKAISTA** euroa. Kustannusarvion ulkopuolelle jäävät seuraavat määritykset:

- Vesimittareiden asennuskustannukset
- tiedonsiirron ja mittalaitteiden vikatilanteiden aiheuttamat kustannukset
- toimintahäiriöiden selvityksestä aiheutuvat kustannukset
- mittautietojen laajempaan hyödyntämiseen liittyvät kustannukset
- oman mittautietokannan perustamiskustannukset
- vesimittareiden liitosten mahdolliset muutuskustannukset
- järjestelmän käyttöönoton kustannukset; esim. laskutus- ja asiakastietojärjestelmien muutostyöt
- ja yhtiön sisäisistä muutoksista ja henkilöstön kouluttamisesta aiheutuvat kustannukset.

Taulukko 5. Kustannusarvio etäluennan palveluntarjoajan veloittamista kuluista, joka on koostettu vuoden 2015 kyselyn perusteella.

	kpl	hinta (€/kpl)	Yhteensä (€)	Yhteensä 10 vuodessa (€)
Vesimittarit				
Keskittimet ja antennit sis. asennuksen				
Projekointi ja ohjelmistot				
Mittauspaikkakohtaiset kulut vuodessa				
Tietoliikenne yhdeltä keskittimeltä vuodessa				
Yhteensä				
Hinta per mittauspaikka				

EI JULKAISTA

Jatkotoimenpiteinä olisi syytä arvioida hankkeen vaikutus vedestä laskutettavaan hintaan. Lisäksi nykyisten laskutusmenettelyjen kustannukset, kuten postikulujen ja muiden palveluiden aiheuttamien kulujen kartoittaminen auttaa päätöksenteossa.

## 8 HSY JA VESIMITTAREIDEN ETÄLUENTA

HSY:n tapauksessa vesimittareiden etäluentaan siirtyminen on vasta ajatustasolla. Tämän raportti on laadittu osaksi Etäluettavat vesimittarit -projektia ja sen on tarkoitus tarjota lisätietoa etäluennan toteutuksesta ja sen tuomista eduista sekä suurimmista haasteista. HSY:n tapauksessa vesimittareiden etäluennan alustavana ajatuksena on kehittää verkoston hallintaa ja nopeuttaa vesijohtoverkoston vika- ja poikkeustilanteiden havainnointia. Etäluenta parantaa myös asiakaspalvelua ja se mahdollistaisi erilaisten lisäpalveluiden tarjoamisen asiakkaalle. Laajamittaiseen etäluentaan siirtyminen on huomattavan kallista - ja onkin harkittava kannattaako vesimittareiden etäluenta myös mittauspisteiltä joiden vedenkulutus on helppo arvioida kulutusennusteiden perusteella. HSY:n olisi mahdollista varustaa vain verkostonsa alueella olevat suuret vedenkuluttajat sekä muut mahdolliset asiakkaat, joiden vedenkulutusta olisi syytä seurata lähes reaaliaikaisesti saatavilla vedenkulutustiedoilla, koska pakotetta laajamittaiseen vesimittareiden etäluentaan ei lain eikä muunkaan tahon osalta vielä vesilaitoksilla ole.

Pöyry Finland Oy on kehittänyt yhteistyössä HSY:n kanssa menetelmän, jolla vesilaitoksen kriittiset asiakkaat voidaan tunnistaa. HSY:n vastuualueelta tunnistettiin noin 122 kriittistä asiakasta, joiden toimintaan vedensaanti vaikuttaa muutenkin kuin taloudellisesti. Lisäksi tunnistettujen asiakkaiden toiminta on yhteiskunnallisesti merkittävää. Tällaisia kriittisiä kuluttajia ovat esimerkiksi sairaalat, terveysasemat, energiateollisuus, keskuskeittiöt, elintarviketeollisuus ja eläintilat. (Koivisto 2015.) Vesimittareiden etäluennan kannalta ajateltuna kriittisten kuluttajien määrittäminen voi hieman poiketa tehdyn tutkimuksen määritteistä – puhutaan ennemminkin suurista vedenkuluttajista, joiden hetkellinen tai jatkuva vedenotto voi vaikuttaa verkoston palvelukykyyn. Palvelukyvyn heikkeneminen voi näkyä verkostossa erilaisina häiriöinä ja aiheuttaa turhan epäilyn esimerkiksi suuresta vesivuodosta. Tehtyä tutkimusta voidaan kuitenkin käyttää hyväksi määritettäessä etäluennan kannalta kriittisiä vedenkuluttajia.

Verkostohallinnan kannalta etäluettavaan vesimittariin on mahdollista yhdistää myös vedenpaineen mittausta. Paineenmittaus mahdollistaa vesijohtoverkoston vuotojen kartoittamisen erilaisten analyysien pohjalta. Tällöin yhdistetyn vesimittarin ja painemittauksen etäluennan täytyisi palvella lähes kaikkia asiakkaita. Hanketta olisi mahdollista testata esimerkiksi yhdellä HSY:n aluemitäluentajärjestelmän alueista.

On myös mahdollista, että vesihuoltolaitokset alkaisivat tulevaisuudessa tarjota etäluentaa asiakkailleen lisäarvopalveluna. Tämä tarkoittaa sitä, että asiakas voisi halutessaan ostaa etäluennan palveluna suoraan vesilaitokselta. Ratkaistavissa olevana haasteena ovat kuitenkin mahdolliset organisaation toiminnan ja vesihuoltolain ristiriidat. Palvelua voitaisiin markkinoida asiakkaille erityisesti vesivuotojen havaitsemiseen ja esimerkiksi vedenkäytön tarkkailuun. Suurten kiinteistöjen omistajat, kuten vuokra-asuntoyritykset ovat jo osoittaneet kiinnostusta älykkäitä ultraäänivesimittareita kohtaan. Syy löytyy yritysten omista etäluentajärjestelmistä, jolla omistuksessa olevien kiinteistöjen kokonaisvedenkulutuksen seuranta helpottuu. HSY:n olisi mahdollista tarjota älykkäitä vesimittareita pienellä alennuksella tai varustettuna esimerkiksi vuotoseurannalla, jos yritys lupautuu toimittamaan mittaus-

tiedot HSY:n järjestelmiin määrätyin väliajoin. Tällaisessa menettelyssä on otettava huomioon, että tiedonsiirrolle luodaan toimiva automaattinen väylä HSY:n järjestelmiin. Lisäpalveluja, kuten vuoto-seurantaa markkinoidessa on otettava huomioon vastuukysymykset ja lisäpalvelun vaatimat resurssit vesihuoltolaitoksen päässä.

Etäluentaa harkitessa oman selvityksensä vaativat etäluentaratkaisujen toimittajien tekniset ratkaisut, kuten mittalaitteet ja niiden tarkkuus sekä lainmukaisuus laskutuskäytössä. Vesilaitoksen täytyy myös selvittää mitä halutaan mitata ja millaisella vesimittareilta saatavalla mittaustiheydellä päästään etäluennalle asetettuihin tavoitteisiin. Etäluentaratkaisujen toimittajat haluavat usein sitouttaa asiakkaan vuosiksi omiin patentoituihin tiedonsiirtotekniikoihin ja suljettuihin rajapintoihin, jotka estävät mahdollisen kilpailutuksen tulevaisuudessa. Tämän vuoksi on suositeltavaa hyödyntää avoimia ja standardoituja ratkaisuja tiedonsiirron ja laitteistojen osalta, jolloin järjestelmä on joustavampi tulevaisuuden muutoksia varten, koska ei tarvitse olla sitoutunut vain yhden toimittajan ratkaisuihin. Standardoitujen menetelmien käyttö mahdollistaa eri valmistajien laitteiden yhteiskäytön ja takaa laitteiden saatavuuden useilta valmistajilta tulevaisuudessakin.

## 8.1 Laskutuksen ja asiakaspalvelun kehittäminen

Vuonna 2014 HSY laskutti arviolta noin 70 000 000 kuution vedenkäytöstä koko toiminta-alueellaan. Luku perustuu päävesimittareilla mitattuihin vedenmääriin. Luku ei pidä täysin paikkaansa, koska kulutusmäärät perustuvat osittain arviolaskuihin. (Majamäki 2015, 18.)

HSY:n vesimittareiden luentapyynnöt ja kulutuslukemien hallinta tapahtuu Aqua-asiakastieto- ja laskutusjärjestelmässä. Järjestelmästä lähetetään mittarinluentapyynnöt liittymänhaltijoille laskutusryhmittäin. Laskutusryhmät on jaettu pääsääntöisesti laskutettavan asumismuodon tai kiinteistön käyttötarkoituksen mukaan. Mittarinluentapyyntö on paperinen lomake johon asiakas ilmoittaa sen hetkisen vesimittarilukeman. Pyydetyn mittarilukeman voi ilmoittaa myös sähköisesti. Asiakkaan on mahdollista ilmoittaa mittarilukemat sähköisesti milloin vaan, jolloin ilmoitetut mittarilukemat huomioidaan laskutuksessa. Palautetut mittarinluentapyynnöt luetaan optisella lukijalla ja niistä muodostetaan siirtotiedosto, joka soveltuu ajettavaksi Aqua-järjestelmään. Palvelun toteuttaa ulkopuolinen yritys. (Seppinen 2015-03-01.)

Tavallisesti HSY lähettää vuosittain noin 1-4 vesilaskua asiakkailleen. Laskut ovat arviolaskuja, joiden summa on arvioitu viimeksi ilmoitetun vesimittarilukeman perusteella. Asiakas ilmoittaa mittarilukeman sitä pyydettyä kerran vuodessa erillisellä lomakkeella tai Aqua Online -palvelussa internetin välityksellä. HSY ei yleensä suorita mittaritarkastuksia omana palvelunaan, mutta erityistapauksissa, kuten mittarikaivojen ollessa kyseessä tarkastus voidaan suorittaa. Ilmoitetun uuden mittarilukeman perusteella seuraavalla laskutusrytmin mukaisella laskulla on arviolaskutuksen lisäksi tasausosa, jonka summasta vähennetään jo asiakkaan maksamat arviolaskut. Erotuksen perusteella asiakasta joko veloitetaan kasvaneesta vedenkulutuksesta tai hyvitetään liikaa arviolaskutuksella veloitettu osuus. (HSY 2015b; Seppinen 2015-03-01.)

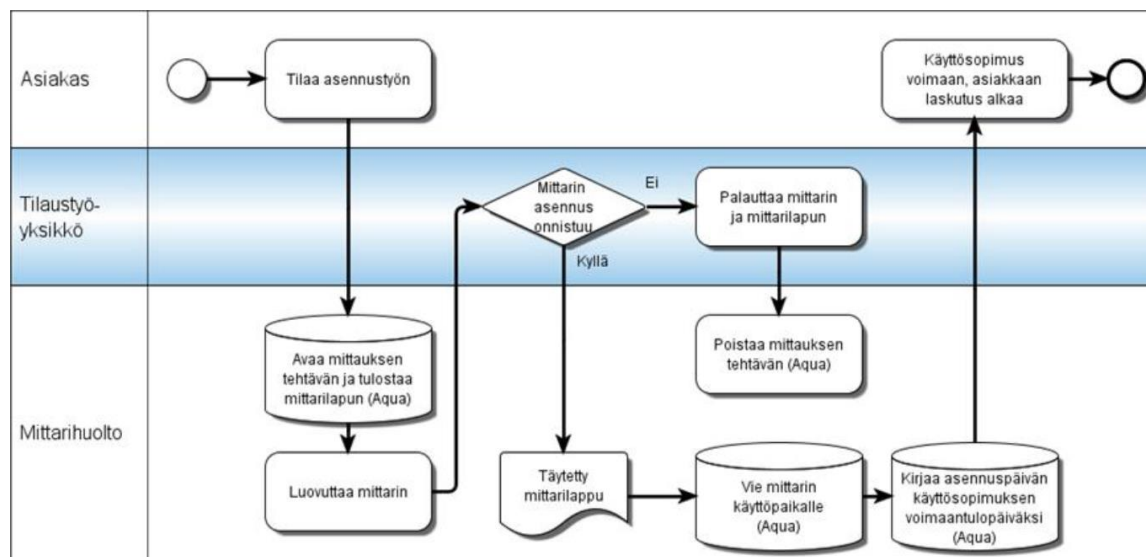
Etäluettava vesimittari sallii kulutustietojen siirtämisen laskutuksen järjestelmiin ajantasaisesti esimerkiksi tunnin välein. Näin ollen asiakasta voitaisiin laskuttaa ilman arviolaskutusta todellisen kulutuksen mukaan jopa kuukausittain lähetettävällä laskulla. Asiakkaille voidaan lisäksi tarjota ajantasaiseen kulutustietoon perustuvaa asiakaspalvelua sekä kulutuksen seurantapalveluita, kuten internet-sovellusta, josta asiakas pystyy seuraamaan omaa vedenkulutustaan. Palvelun toteutus on vastaava kuin sähkö- ja kaukolämpöverkkojen asiakkailla. Lisäksi asiakkaan ei enää jatkossa tarvitse ilmoittaa mittarilukemia vesilaitokselle. Älykkäiden mittareiden mahdollistamien lisäpalveluiden, kuten vuotohälytysten ansiosta vedenkulutuksen poikkeamat havaitaan nopeammin. Jos siirrytään etäluentaan ja saadaan periaatteellinen tieto vuodosta, niin onko ilmoittamisvastuu tällöin vesilaitoksella? Vesimittareiden etäluenta vähentää mittarilukemien käsittelyyn liittyvien manuaalisten töiden määrää sekä inhimillisiä virheitä. Lisäksi mittarinluentapyyntöjen postituskulut sekä niiden optisen luentan aiheuttamat kulut poistuisivat etäluennan myötä.

Yksittäiseltä etäluettavalta vesimittarilta saatuja tuntipohjaisia kulutuslukemia kertyisi vuodessa 8 760 kappaletta, kun nykyisin saadaan yleensä vain yksi mittarilukema vuodessa. Aqua-järjestelmän soveltuvuus etäluettavien mittaustietojen hallintaan täytyy selvittää tarkemmin. Tiedossa on, että ainakin yksi energiayhtiö käyttää samaa järjestelmää mittaustietojen hallintaan – on mahdollista, että tässä tapauksessa etäluentajärjestelmän toimittaja käsittelee mittaustiedot niin, että ne soveltuvat asiakastieto- ja laskutusjärjestelmiin.

## 8.2 Mittarihuolto

HSY:n mittarihuolto vastaa vesimittareiden hankinnasta ja varastoinnista. Varastossa olevia mittareita sekä jo käytössä olevia mittareita seurataan taulukko-ohjelmien ja asiakastieto-järjestelmän avulla. Järjestelmässä jokaisella kiinteistöllä on oma käyttöpaikkanumero, joka annetaan vesijohtoverkostoon liityttäessä liittymis- ja käyttö sopimusten yhteydessä. Tällä yksilöidyllä numerolla pystytään seuraamaan asiakkaan vesimittarin huoltoväliä, laitetyyppejä ja muita mittarihuollon ja asentajan kannalta oleellisia asioita. (Majamäki 2015.)

Kuviossa 5 esitetään prosessi, jossa HSY:n vesijohtoverkostoon liittynyt asiakas tilaa vesimittarin asennustyön. Hyväksytyn tilauksen jälkeen mittarihuolto saa luvan luovuttaa käyttökohteeseen soveltuvan vesimittarin asentajalle, joka asentaa mittarin ja täyttää vaadittavan mittarin asennuslapun. Mittarihuolto huolehtii asennuksen jälkeen vesimittarin käyttöpaikan kirjaamisesta asiakastieto-järjestelmään, sekä asennuspäivän kirjaamisesta mittarin käyttöönottopäiväksi. Vesimittarin asennus on kiinteistöliittymätyön viimeinen vaihe.



Kuvio 5. Vesimittarin asennusprosessi (HSY:n sisäiset järjestelmät)

### 8.2.1 Vesimittareiden vaihtoväli

HSY:n vesimittareista noin 8 000 kappaletta tulisi vaihtaa vuosittain, koska mittareiden vaihto aika tulee vastaan. Tämä luku ei kuitenkaan erinäisistä syistä toteudu vaan jäädään noin 5 000–6 000 vesimittarin vaihtomäärään vuosittain. Pahimmillaan mittareita jää siis vuosittain tuhansia vaihtamatta. Yleisesti käytössä olevat mekaaniset vesimittarit pyritään vaihtamaan 8–10 vuoden välein. Vaihtamatta jääneet mittarit eivät täytä enää niiden toiminnalle asetettuja vaatimuksia ja niiden mittaus-tarkkuus alkaa heiketä.

Etäluennan avulla on mahdollista pidentää vesimittareiden vaihtoväliä, jos mittarikantana käytetään ultraäänitekniikkaan perustuvia mittareita. Paristokäyttöisinä ultraäänimittarit pidentävät vaihtoväliä arviolta noin 5 vuotta, jos pariston käyttöikä vastaa luvattua 15 vuotta. Tekniikan puolesta ultraäänimittari kykenisi toimimaan pidemmänkin ajan, jolloin verkkovirtaan kytketty mittari mahdollistaisi huomattavasti paremman edun mittarinvaihtoa ajatellen. Vesimittarin vaihtovälin kasvaessa vapautuneita resursseja voidaan kohdentaa paremmin ja mittareiden uusimiskulut vähenevät. Optimaalinen tilanne olisi, jos mittareiden vaihtokä vähintään kaksinkertaistuisi. Perinteiset mekaaniset vesimittarit voitaisiin aluksi korvata ultraäänimittareilla ilman etäluentaominaisuutta.

Uusimmat älykkäät etäluettavat vesimittarit ja niiden tiedonsiirtoon käytettävät päätelaitteet ja tietoliikennemuodulit vaativat energialähteekseen pariston tai kytkennän verkkovirtaan. Lisäksi perinteisiin mekaanisiin vesimittareihin kytketyt impulssilaitteet ja mittaus-tietoja vastaanottavat pulssinke-ruulaitteet sekä muut väyläverkon päätelaitteet vaativat virtalähteen toimiakseen. Riippumatta etäluentaratkaisun valinnasta mittareilta mittaus-tietoja vastaanottavat keskittimet ja muut tiedonsiirtoa tukevat laitteet, kuten toistimet, reitittimet sekä antennit tarvitsevat aina kytkennän verkkovirtaan, koska nämä laitteet suorittavat verkkoa tukevia toimenpiteitä tai toimivat yhdyskäytävänä luentajär-jestelmään.

Verkkovirtaan kytkettävä vesimittari on toiminnaltaan luotettavampi ja kykenee toimimaan vuosia tiheälläkin mittaustietojen lähetysvälillä. Selvitettäväksi haasteeksi muodostuu kuitenkin se, että asiakkaiden kiinteistöissä sijaitsevilla mittarituloissa on harvemmin valmista kytkentää verkkovirtaan ja liitäntöjen tekeminen etäluentaa varten kasvattaisi hankinta- ja asennuskustannuksia huomattavasti. Toinen huomioon otettava asia on, että kuka mittarin sähkönkulutuksen maksaa ja miten siitä sovi- taan asiakkaan kanssa. Vastaavat kysymykset on jo ratkaistu esimerkiksi kaukolämmön ja sähkö- n etäluentaratkaisuihin.

Vaihtoiän kannalta ongelmaksi voi muodostua myös mittauslaitelakia täydentävät asetukset. Kulutusmittareille eli veden, kaasun, lämpöenergian ja sähköenergian mittalaitteille on tarkoitus määritellä oma asetus niiden käytönaikaisesta valvonnasta. Vesimittareille voidaan asetuksessa esittää mm. pisin mahdollinen käyttöaika sekä vaatimukset mittareiden määräaikaistarkastuksista. (VY 2011.) Mittauslaitelain 15 §:ssä määritetään seuraavasti: *”Tarkempia säännöksiä varmentamisen määrä- ajoista, suurimmista sallituista virheistä ja varmentamisen menettelyistä voidaan antaa valtioneuvos- ton asetuksella.”* (Mittauslaitelaki 2011, 15§).

Energiatallisuus on vuonna 2011 esittänyt työ- ja elinkeinoministeriölle lausunnossaan ehdotuksia mittalaitteiden käytön aikaiseen valvontaan liittyen. Lausunto koskee kulutusmittareille mahdollisesti tulevaisuudessa säädettäviä määräaikaistarkastuksia. Ongelmaksi nähdään, jos kulutusmittareille täytyy tulevaisuudessa suorittaa paikan päällä toteutettavat varmennusmenettelyt. Kyseinen menet- tely tulisi kustannuksiltaan niin kalliiksi, että olisi edullisempaa korvata vanha kulutusmittari uudella. Tämä johtaisi siihen, että sähkö- ja kaukolämmön mittauksiin investoidut etäluettavat kulutusmitta- rit menisivät vaihtoon asetuksessa säädetyin määräaikaistarkastusvälein mukaan, vaikka kulutusmit- tareiden tekniikan elinikä olisikin tätä pidempi. Energiatallisuus ehdottaa, että määräaikaistarkas- tuksista säädettäessä otetaan huomioon etäluettavien mittareiden mahdollistamat luotettavuuden varmentamismenetelmät. Toiseksi keskeiseksi asiaksi nähdään, että kulutusmittausten luotettava varmentaminen on voitava suorittaa kustannustehokkaasti. (Energiatallisuus 2011, 1–2.) Mielen- kiintoista vesimittareiden etäluennan kannalta on, että jos kulutusmittareiden käytönaikaisesta var- mennuksesta säädetään tarkemmin, niin millaisin menetelmin ja määräaikaistarkastukset on suoritettava. Mittareiden etäluennan myötä kehittyneet mittaratkaisut mahdollistavat kulutusmitta- reille pidemmän käyttöiän. Olisikin aika erikoista jos mittauslaitelain nojalla annettavat asetukset es- täisivät tällaisen edun hyödyntämisen muun muassa vesilaitosten ja energialaitosten suorittamis- sa kulutusmittauksissa.



### 8.3 Työpaja etäluennan hyötyjen ja haasteiden kartoittamiseksi

Tähän kappaleeseen on listattu koosteet vesimittareiden etäluennan konkreettisista hyödyistä ja suurimmista haasteista, jotka tulivat esille osana HSY:n Etäluettavat vesimittarit -projektia. Etäluennan hyötyjen ja haasteiden tunnistamiseksi järjestettiin puolen päivän työpaja, jossa käytiin läpi etäluennan hyötyjä käyttäjäryhmittäin. Hyötyjen jälkeen pyrittiin tunnistamaan myös haasteet eri käyttäjäryhmille. Hyödyt ja haasteet oli aikaisemmin määritelty valmiiksi työpajan suunnitteluryhmän kesken. Suunnitteluryhmään kuuluivat HSY:n henkilökunnasta Sami Sillstén, Heidi Ekholm, Juha Seppinen ja opinnäytetyöntekijä Joonas Korhonen. Hyötyjä ja haasteita kartoitettiin suoraan käyttäjäryhmiltä kyselyjen avulla sekä osaltaan tämän opinnäytetyön pohjalta. Hyödyt ja haasteet kohdistettiin seuraaville käyttäjäryhmille: verkko (mittarihuolto, liittymispalvelut, verkostotutkimus), laskutus, talous, vedenjakelu, asiakaspalvelu, vesihuollon toimiala, aluemittaus, älykäsvesi, mallinnus, kehittämisprojektit, strategiatyö, vedenkulutusennuste, vuotovesien hallinta.

Taulukossa 6 on esitetty tunnistetut hyödyt. Selkeästi eniten hyötyjä etäluennasta arvioitiin kohdistuvan seuraaville käyttäjäryhmille: talous, vedenjakelu ja verkosto sekä asiakaspalvelu. Hyödyistä parhaimpina on nähty luentakirjeiden postituksen vähentymisestä aiheutuvat säästöt, ajantasainen tarkempi laskutustieto, kriittisten kuluttajien vedenotosta aiheutuvien poikkeamien havaitseminen, asiakkaalle tarjottava ajantasainen tietoa omasta vedenkulutuksestaan ja asiakaspalvelun parantuminen. Hyödyistä ja haasteista parhaimmiksi tunnistetut on merkattu numerolla 1–5 sulkeiden sisään hyödyn tai haitan jälkeen (esimerkiksi 5 tarkoittaa viiden työpajaan osallistuneen henkilön ääntä). Taulukosta 7 selviää, että suurimmat haasteet kohdentuvat yleisesti vesihuollon toimialaan, talouteen ja vesihuollon kehittämiseen. Haasteista esiin nousevat etenkin mittaustietojen tehokas hyödyntäminen (suuren datamäärän hallinnan ja analysoinnin suunnittelu ja resursointi), hyötykustannussuhteen heikkous joissakin tapauksissa ja järjestelmän yllä- ja kunnossapidon kustannukset.

Työpaja herätti paljon kysymyksiä hyötyjen ja haasteiden kohdentamisen osalta. Jotkin hyödyt ja haasteet jouduttiinkin hylkäämään, koska niiden väittämä oli liian yleismaallinen tai hyöty tai haaste kaipaa lisäselvitystä. Kysymyksiä herätti myös se pätevätkö kaikki hyödyt ja haitat kaikissa tapauksissa – esimerkiksi etäluennan toteutuksen laajuuden vaikutus hyötyihin ja haittoihin. Esimerkiksi väittämä: ”Mittareiden vaihtovälin pidentyminen tehostaa henkilöstöresurssien kohdentamista”, on riippuvainen millaisella mittarikannalla etäluentaa suoritetaan ja piteneekö vaihtoväli todellisuudessa merkittävästi. Haasteista voidaan mainita esimerkkinä väittämä: ”ulkopuoliset palveluntarjoajat”. Ulkopuolisen osaamisen ostaminen voidaan tulkita sekä haasteeksi, että hyödyksi. Selvityksen vaatii onko HSY:n mahdollista järkevästi toteuttaa vesimittareiden etäluentaa täysin omana hankkeena.

Taulukko 6. Työpajassa tunnistetut hyödyt ja lisäarvot käyttäjäryhmittäin

Käyttäjäryhmä	Konkreettiset hyödyt	Pientä lisäarvoa
Talous	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todelliseen kulutukseen perustuva laskutus ilman arvio- ja tasauslaskutusta</li> <li>Luentakirjeiden postituksen vähentymisestä aiheutuvat säästöt (4)</li> <li>Ajantasainen ja tarkempi laskutustieto (4)</li> <li>Tarkempaa tietoa asiakaskäyttäytymisestä HSY:lle (2)</li> <li>Kulutusennusteiden laatimisen tukena luotettava historiatieto (1)</li> </ul>	Tarkempaa tietoa asiakaskäyttäytymisestä HSY:lle
Vedenjakelu ja verkosto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kriittisten kuluttajien vedenotosta aiheutuvien poikkeaminen havaitseminen (2)</li> <li>Häiriötilanteisiin reagointi paranee ja nopeutuu (1)</li> </ul>	Takaisinvirtaushälytykset (talousveden saastumisen havaitseminen)
Asiakaskas palvelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakkaalle ajantasaista tietoa omasta vedenkulutuksestaan (2)</li> <li>Asiakaspalvelun parantuminen (laskutuksen muutokset, kulutusseurantapalvelut, kulutustiedot ongelmatilanteiden ratkaisijana) (2)</li> <li>Kulutuksen parempi raportointi ja seuranta mahdollistavat mielenkiintoisten sovelluksien tarjoamisen myös asiakkaalle (1)</li> <li>Luentakirjeiden postituksen vähentymisestä aiheutuvat säästöt (1)</li> </ul>	Poikkeamat asiakkaan vedenkulutuksessa havaitaan nopeammin
Vesihuollon kehittäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tietoa kuluttajakäyttäytymisestä (1)</li> </ul>	Tiheämmin saatavat kulutustiedot tukevat muun verkostoautomaatioon toimintaa

Taulukko 7. Työpajassa tunnistetut haasteet ja huomioon otettavat asiat käyttäjäryhmittäin

Käyttäjärühmä	Suurimmat haasteet	Huomioon otettavat asiat
Vesihuollon toimiala	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaustietojen tehokas hyödyntäminen (5)</li> <li>Hyöty-kustannussuhde ei ole kaikissa tapauksissa riittävän hyvä (4)</li> <li>Järjestelmän yllä- ja kunnossapidon resursointi (4)</li> <li>Datan käsittelyyn vaadittavat resurssit ja käsittelymenetelmien kehittäminen (2)</li> <li>Hyötyjen analysoinnin puutteet (1)</li> </ul>	<p>Luentajärjestelmän operointi</p> <p>Älykkäiden mittareiden virtaratkaisut</p> <p>Markkinapuheiden luotettavuus</p> <p>Tiedonsiirron ja mittalaitteiden tekniset ongelmat</p> <p>Automatisoidut liityntärajapinnat muihin järjestelmiin</p>
Talous	<ul style="list-style-type: none"> <li>Järjestelmän yllä- ja kunnossapidon kustannukset (4)</li> <li>Uuden mittarikannan asennuskulut ja mahdolliset muutostyöt esimerkiksi vesimittariliitännöissä (1)</li> </ul>	<p>Riippuvaisuus etäluentaa suorittavan tekniikan toiminnasta – tekniikan pettäessä ei laskutusta</p>
Laskutus		<p>Tiedon toimittaminen laskutusjärjestelmään, jos käytössä kaksi eri tekniikkaa?</p> <p>Miten laskutusrytmiä hallitaan, jos käytetään rinnakkain kahta luentatekniikkaa (etäluentaa ja perinteinen)?</p>
Asiakaspalvelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riski siitä, että markkinoidaan asiakkaalle palveluja ja etuja, joita ei voida käytännössä toteuttaa.</li> </ul>	
Vesihuollon kehittäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suuren datamassan hallintaa ja analysointia ei ole suunniteltu eikä resursoitu (4)</li> </ul>	Lainsäädännön muutokset

## 9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesihuoltolaitosten asentamien vesimittareiden etäluenta ei ole Suomessa vielä kovinkaan yleistä. Oppinäytetyön teon aikana selvisi, että etäluentahankkeen toteuttaminen toisi mukanaan huomattavia kustannuksia sen toteuttavalle organisaatiolle. Näin mittava hanke vaatii usein myös ulkopuolisten palveluntarjoajien osallistumisen, joka taas osaltaan lisää etäluennan kustannuksia. Voidaankin ajatella, että nämä kustannukset tulisi saada takaisin etäluennalla saavutettavista hyödyistä. Saavutettavat hyödyt riippuvat kuitenkin täysin etäluennan toteutuksesta ja siitä miten mittaustietoja hyödynnetään. Mahdolliset hyödyt voidaan jakaa asiakaspalvelun ja verkoston hallinnan kehittämiseen. Yleisesti ongelmana nähdään älykkäiden vesimittareiden käyttövirtaratkaisujen toteutus ja sen vaikutus mittarille asetettuun elinikään. Yhtenäisten standardoitujen toimintatapojen ja kokemusten puute koetaan etäluentaan siirtymisen suurimpana kompastuskivenä.

Mittarikannan uusiminen etäluennassa käytettävillä älykkäillä ultraäänimittareilla mahdollistaisi mittareiden määräaikaivaihdon tehostumisen, koska mittareiden vaihtoväli harvenee pitkäikäisemmän tekniikan ansiosta. Kun etäluentaa varten uusitaan vesimittarikanta, on uusien mittalaitteiden toimittava vähintäänkin yhtä kauan, kuin perinteisten mekaanisten vesimittareiden. Tällaisia minimivaatimuksia kulutusmittareiden etäluentaa harkitsevan organisaation on pohdittava ennen varsinaista etäluentaan siirtymistä. Yksi mahdollisuus on, että mekaaniset vesimittarit vaihdetaan älykkäisiin mittareihin ilman etäluentaa. Tällöin hyödyt kohdentuvat etenkin mittaustarkkuuteen ja mittareiden vaihtovälin pidentymiseen. Jos älykkäissä ultraäänimittarissa on vuotohälytysominaisuus myös paikallisesti ilman etäluentaa, voidaan asiakkaalle mainostaa palvelua sen perusteella. Jotkin taloyhtiöt ovat jo osoittaneet kiinnostusta ultraäänimittareita kohtaan etenkin niiden kehittyneiden tiedonsiirtomenetelmien takia.

Oppinäytetyössä esiteltiin myös millaisia tiedonsiirtomenetelmiä käytetään kulutusmittareiden mittaustietojen tiedonsiirrossa. Vesihuoltolaitoksen tapauksessa mittaustiedot on tarkoitus saada vesimittareilta organisaation omiin järjestelmiin. Etäluennan palveluntarjoajien ratkaisut perustuvat näiden yleisten tiedonsiirtomenetelmien soveltamiseen ja työssä onkin kuvattu kahden eri palveluntarjoajan ratkaisut vesimittareiden etäluentaan. Yleisesti tiedonsiirtomenetelmät eri palveluntarjoajien välillä perustuvat samojen ratkaisujen käyttöön. Tiedonsiirto voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, jotka ovat lyhyen kantaman tiedonsiirto vesimittareilta laitteelle, joka toimii yhdyskäytävänä luentajärjestelmään ja pitkän kantaman tiedonsiirto yhdyskäytävänä toimivalta laitteelta luentajärjestelmään. Luentajärjestelmä voi olla esimerkiksi fyysinen palvelin, jonne mittaustiedot tallennetaan.

Etäluentaa ei voi nähdä pelkästään asiakaspalvelua ja laskutusta tehostavana elementtinä, jos siitä aiheutuneita kustannuksia halutaan kompensoida mahdollisilla hyödyillä. HSY:n laskutus perustuu nykyisellään asiakkaan ilmoittamaan vesimittarilukemaan, joko internet-sovelluksessa tai paperisella lomakkeella. Menetelmän etuina on edullisuus ja helppous niin asiakkaalle, kuin vesilaitokselle. Etäluenta mahdollistaisi tiheämmän laskutuksen ilman arviolaskutusta. Tällainen menettely voi lisätä joidenkin asiakkaiden tyytyväisyyttä – etenkin paljon vettä kuluttavien asiakkaiden. Tavallinen kuluttaja-asiakas ei todennäköisesti hyötyisi menettelystä juurikaan, koska vedenkulutuksen vaihtelut

ovat marginaalisia ja arviolaskutus sekä vuosittainen laskun tasaus ovat toimivia menettelyjä. Taval-  
lisen kuluttaja-asiakkaan vedenkulutus noudattaa lähes aina samaa käyrää, kun taas suurten veden-  
kuluttajien vedenkäytön tilanteen selvittäminen olisi myös vesihuoltolaitokselle arvokasta tietoa.  
Edellinen lause johdattaa meidät kysymykseen: Onko pienkiinteistöjen vesimittareita järkevä varus-  
taa etäluennalla? HSY:llä on noin 76 000 kiinteistökohtaista päävesimittaria alueellaan, joiden vaihtaminen etäluettaviksi kerralla olisi lähes mahdottomuus. Mittareiden vaihtosykli kannattaakin to-  
teuttaa jo olemassa olevan mittareiden vaihtosyklin mukaisesti. HSY:n olisi järkevä varustaa alueella toimivat suuret kuluttajat etäluennalla, jotta vedenkäytön poikkeamat ja niiden aiheuttamat häiriöt vesijohtoverkostossa voidaan tunnistaa.

Vesimittareiden etäluennalla saadaan halutuun väliajoin tietoa verkostoon liittyneiden asiakkaiden vedenkulutuksesta ja näitä tietoja kannattaakin hyödyntää verkostonhallinnassa monipuolisesti. Miel-  
lenkiintoisin sovellus vesihuoltolaitosten kannalta on, että älykkäät mittausratkaisut mahdollistavat myös paineanturin liittämisen samaan järjestelmään, jolloin painetietoa voidaan hyödyntää esimer-  
kiksi verkoston vuotojen havaitsemisessa. Kehittyvä ala mahdollistaa jatkuvasti uusia sovelluksia. Juurikin uusien menetelmien ja jatkuvan tekniikan kehityksen takia valittavan etäluentajärjestelmän laitteiden ja tiedonsiirtomenetelmien tulee hyödyntää avoimia ja standardoituja ratkaisuja, jotta jär-  
jestelmää voidaan muokata halutulla tavalla, eikä vesilaitos olisi tällöin sidoksissa yhteen tiettyyn palveluntarjoajaan.

Mittaustarkkuus ja sen käytönaikainen varmentaminen on yksi keskeisimmistä asioista laskutuskäy-  
tössä olevan vesimittarin toiminnan kannalta. Työssä esiteltujen tulosten perusteella voidaan nykyi-  
sin olettaa HSY:n käytössä olevien mekaanisten vesimittareiden toimivan hyvin. Ultraäänitekniikkaan perustuvat vesimittarit parantavat mittaustarkkuutta ja mahdollistavat vuotojen havaitsemisen vesi-  
huoltolaitoksen asiakkaan kiinteistössä. Lukuisten kommenttien ja tutkimustiedon perusteella etä-  
luentaa ei kannata suorittaa perustuen mekaanisten vesimittareiden pulssilaitteilta saataviin mittaus-  
tuloksiin. Vika ei ole mekaanisten vesimittareiden tarkkuudessa vaan pulssilaitteessa. Kahden tekni-  
kan yhdistäminen aiheuttaa varmasti inhimillisiä virheitä, koska verkossa voi olla pulssilähdöllä va-  
rustettuja mittareita erilaisilla pulssivakioilla. Yhteenvetona voisi mainita, että pulssitietoa ei voida käyttää laskutuksen pohjana vaan se soveltuu ainoastaan vedenkäytön seurantaan.

Työn alkuvaiheessa haasteeksi muodostui se, että vesimittareiden etäluennasta ei ole kovinkaan pal-  
joa tutkimustietoa eikä kirjallista aineistoa, sillä vesimittareiden etäluentaa ei ole toteutettu vielä ko-  
vinkaan laajasti varsinkaan Suomessa. Voidaan olettaa, että tekniikoiden kehittyessä vesimittareiden etäluentaa aletaan toteuttaa yhä enemmän – vesihuoltolaitosten asiakkaiden tullessa tietoisiksi etä-  
luennan mahdollisuudesta he saattavat alkaa vaatia vedenkulutusta etäluennan piiriin sähkön ohella. Etäluentaan siirtymisessä kaikkein tärkeimmässä asemassa on tavoitteiden tiedostaminen – tulevat-  
ko etäluennalla saavutettavat hyödyt kattamaan etäluennan ongelmat ja kustannukset – eli onko etäluentaa vesilaitokselle kannattava investointi. Vesimittareiden etäluentaa voidaan tulevaisuudessa lukea osaksi vesihuoltolaitosten verkostotason automaatiota ja tällaiset hankkeet tulevat osaksi jo yleisesti käynnissä olevia ÄlykäsVesi (Smart Water) -hankkeita.

## LÄHTEET

AKSELA, Kia 2012. (toim.). Vesijohtoverkostojen reaaliaikainen hallinta -hanke. Aalto-yliopisto, Insinööri-tieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, Vesitekniikka. [verkkojulkaisu]. 2012 [Viitattu 2015-06-28.] Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/savel\\_loppuraportti.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/savel_loppuraportti.pdf)

AKSELA, Kia 2010. Kaikki irti vuodoista. Vesitalous [digilehti]. [Viitattu 2015-08-02.] Saatavissa:

[http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/05/6\\_2010.pdf](http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/05/6_2010.pdf)

BEAL, C.D 2014. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. Utilities Policy [digilehti]. [Viitattu 2015-08-28.]

BJÖRNINEN, Kimmo ja LINDHOLM, Jukka 2015-07-06. Metering Services and Systems. [Haastattelu.] Helsinki: Kamstrup.

DELAY, Joyce 2013. Smart Water Technology: Benefits, Challenges and Three Action Steps for Utilities [Viitattu 2015-07-13.] Saatavissa:

<http://bv.com/Home/news/solutions/water/smart-water-technology-benefits-challenges-and-three-action-steps-for-utilities>

ENEMALTA 2015. Smart Meters. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-09-08.] Saatavissa:

<http://www.enemalta.com.mt/index.aspx?cat=5&art=21&art1=55#Question2.1>

ENERGIATEOLLISUUS 2011. Lausuntopyyntö mittauslaitelain (707/2011) nojalla annettavista valtioneuvoston asetuksista. Lausunto [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-08-17.] Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/tem\\_\\_lausunto\\_mittauslaiteasetuksista.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tem__lausunto_mittauslaiteasetuksista.pdf)

FINANSSIALAN KESKUSLIITTO 2014. Vuotovahinkoselvitys 2012–2013 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-08-24.] Saatavissa:

[http://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/VUOTOVAHINKOSELVITYS\\_2013.pdf](http://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/VUOTOVAHINKOSELVITYS_2013.pdf)

FRONDELIUS, Leila. Kemiantekniikan verkkomateriaali, prosessin ohjaus, virtauksen mittaus, magneettinen tilavuusvirtausmittaus & vortex -virtauksen mittaus. Keuda verkko-opisto [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-07-31.] Saatavissa:

<https://keuda.moodle.fi/course/view.php?id=1434>

GOLDSTEIN, Harry 2010. Malta's Smart Grid Solution. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-09-05.]

Saatavissa: <http://spectrum.ieee.org/energy/environment/maltas-smart-grid-solution>

HARJU, Pentti 2011. LVI-mitoitus. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-21.] Saatavissa:

<http://www.penantieto-opus.fi/files/Koko-1.pdf>

HARJU, Pentti 2006. Vesi ja veden käyttö kiinteistöissä. Penan Tieto-Opus Ky. [Viitattu 2015-05-21.]

Saatavissa: [http://www.penantieto-opus.fi/files/vesi\\_ja\\_veden\\_kaytto\\_kiinteistoissa.pdf](http://www.penantieto-opus.fi/files/vesi_ja_veden_kaytto_kiinteistoissa.pdf)

HOUSE, Lon W. 2008. AMR/AMI for Water Utilities. [Viitattu 2015-07-15.] Saatavissa:

<http://www.waterandenergyconsulting.com/amrami.pdf>

HSY 2015a. Liittymisohje vesi- ja viemäriverkostoihin. Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-10.] Saatavissa:

[https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/HSY\\_liittymisohje\\_A5\\_2014\\_web.pdf](https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/HSY_liittymisohje_A5_2014_web.pdf)

HSY 2015b. Vesihuollon laskutustavat ja -rytmi. HSY:n internet-sivut [Verkkojulkaisu]. Saatavissa:

<https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/asiakaspalvelu/hinnat-ja-laskutus/laskutus/Sivut/default.aspx>

HSY 2014. Vesimittarikäytännöt. [ei saatavissa]. HSY:n sisäinen julkaisu. [Viitattu 2015-06-21.] Saatavissa: Ei saatavissa

HSY:n sisäiset järjestelmät. Verkkolevy. Luettu 05/2015–08/2015.

- HYTTINEN, Miia 2013. Alueellinen virtaaman ja paineen mittauss vesijohtoverkoston vuotojen vähentämisessä. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Diplomityö. [Viitattu 2015-06-15.] Saatavissa: <http://civil.aalto.fi/midcom-serveattachmentguid-1e4698c9cf85098698c11e4b1f1dfec92ef060f060/hyttinen2013.pdf>
- HÄNNINEN, Timo 2015. Etäluettavan vesimittarin toimivuus ja hankinnan kannattavuus. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-05-07.] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201501131212>
- IMMO, Olli 2013. Kiinteistöjen energiamittausten kartoitus. Kemi Tornion Ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-08-24.] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013121521268>
- ITRON 2011. Itron Delivers Smart Water Meters for Nation-Wide Grid in Malta. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-09-08.] Saatavissa: <https://www.itron.com/newsAndEvents/Pages/Itron-Delivers-Smart-Water-Meters-for-Nation-Wide-Grid-in-Malta.aspx>
- KALLIONIEMI, Tapio 2009. ZigBee standardin toiminta ja periaatteet. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tietotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-05-25.] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201005078375>
- KAMSTRUP 2015. Multical 21 Cold water metering for households, blocks of flats and industry. PDF-esite [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-15.] Saatavissa: <http://products.kamstrup.com/ajax/downloadFile.php?uid=515d4cb464571&display=1> (lupa kuvien käyttöön saatu Kamstrupin edustajilta)
- KAMSTRUP 2012. Asennusohjeet Multical 21. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-08-16.] Saatavissa: <http://products.kamstrup.com/ajax/downloadFile.php?uid=515d4ada9b604&display=1> (lupa kuvien käyttöön saatu Kamstrupin edustajilta)
- KAMSTRUP 2011. Wireless M-Bus System. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-06-16.] Saatavissa: [http://unitherm.cz/user/data/dtt/kamstrup/wireless\\_m\\_bus\\_reader/wirelessmbus.pdf](http://unitherm.cz/user/data/dtt/kamstrup/wireless_m_bus_reader/wirelessmbus.pdf)
- KAROTEK 2007. Putkien kokomittataulukko. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-24.] Saatavissa: [http://karotek.fi/fi2/index.php?option=com\\_content&task=view&id=16&Itemid=31](http://karotek.fi/fi2/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=31)
- KARKKULAINEN, Toma 2005. Sähkömittareiden kaukoluennan kannattavuus ja käyttöönotto sähköverkkoyhtiöissä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energia- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. [Viitattu 2015-07-02.] Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/30118/TMP.objres.157.pdf?sequence=1>
- KASKINEN, H. 2014. Kerrostalojen vedenkulutus tarkkaan syyniin. Taloustaito [digilehti] [Viitattu 2015-05-10.] Saatavissa: <http://www.taloustaito.fi/Koti/Asuminen/Kerrostalojen-vedenkulutus-tarkkaan-syyniin/>
- KOIVISTO, Ulla 2015. Pöyry Finland Oy. Vesihuoltolaitosten kriittisten asiakkaiden kartoitus ja huomioiminen. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2015-08-20.] Saatavissa: [http://www.vvy.fi/files/4562/02\\_Koivisto\\_Ulla.pdf](http://www.vvy.fi/files/4562/02_Koivisto_Ulla.pdf)
- KO-KA KY 2015. Kunnallistekniset vesimittarit. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-07-30.] Saatavissa: <http://koka.fi/vesimittarit/kunnallistekniset-vesimittarit>
- KORHONEN, Joonas 2015-06-06. [Digitaaliset kuvat]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- LANDIS+GYR 2015a. Veden etäluenta älyä vedenmittaukseen. PDF-esite [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-17.] Saatavissa: <http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Veden-etaluentaopas.pdf>

LANDIS+GYR 2015b. Älykäs ultraäänivesimittari ULTRAWATER W230. PDF-esite [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-08-05.] Saatavissa:

[http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Ultrawater\\_W230\\_brochure\\_a\\_FI\\_final.pdf](http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Ultrawater_W230_brochure_a_FI_final.pdf)

LANDIS+GYR 2012. Tiedote etäluennan tiedonsiirtotekniikoiden vaikutuksesta kotitalouslaitteisiin. Kemlin Energia Oy:n julkaisu [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-05-16.] Saatavissa:

<http://www.keminenergia.fi/UserFiles/files/Tiedote%20et%C3%A4luennan%20tiedonsiirtotekniikoiden%20vaikutuksista%20kotitalouslait....pdf>

MAJAMÄKI, Jussi 2015. Vesimittarihuollon kehittäminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennusmestari, LVI. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-05-19.] Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201505158238>

MITTAUSLAITEDIKTIIVI. 2004/22/EY Päivitetty 2009. Euroopan unionin virallinen lehti. Direktiivi. [Viitattu 2015-07-30]. Saatavissa: <http://www.tem.fi/files/31940/Mittauslaitedirektiivi.pdf>

MARTIKAINEN, Lasse 2015-09-08. Rejlers Oy:n asiantuntija. [Puhelinhaastattelu.]

MITTAUSLAITELAKI. L 2011/707. Edilex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2015-08-17]. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20110707>

NISKANEN, Ilkka 2013. Vesihuollon automaatiojärjestelmät. Savonia-ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-07-29.] Saatavissa:

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59341/Niskanen\\_Ilkka.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59341/Niskanen_Ilkka.pdf?sequence=1)

NOUSIAINEN, Mika 2015-06-17. Helen sähkömittareiden etäluenta [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Joonas Korhonen. Saatavissa: Tekijän sähköpostipalvelin.

ORACLE 2009. Smart Metering for Water Utilities. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-07-24.] Saatavissa: <http://www.oracle.com/us/industries/utilities/046596.pdf>

PAWLAK, Andrzej, STUDZIŃSKI, Jan ja WÓJTOWICZ, Patryk 2014. Automated meter reading for the water demand forecast and hydraulic modelling of the municipal water distribution system in

Mikolów, Poland: a preliminary investigation. International Conference on Hydroinformatics. [Viitattu 2015-10-19.] Saatavissa: Tekijän sähköpostipalvelin.

PIISPANEN, Markus 2010. Synergioiden saavutettavuus automaattisessa mittarinluennassa sähkö-, kaukolämpö- ja vesihuolto-yhtiöiden välillä. Aalto-yliopisto. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Diplomityö. [Viitattu 2015-06-28.] Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/synergioiden\\_saavutettavuus\\_\\_mittarinluennassat\\_diplomityo\\_2010\\_piispanen.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/synergioiden_saavutettavuus__mittarinluennassat_diplomityo_2010_piispanen.pdf)

RAPPU, Vesa 2010. Siirtyminen huoneistokohtaiseen vedenmittaukseen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Liiketalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-05-07.] Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203022758>

ROYAN, Fredrick 2011. Smart Water Metering Networks An Intelligent Investment? WaterWorld. [Viitattu 2015-07-01.] Saatavissa:

<http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-26/issue-5/regulars/creative-finance/smart-water-metering-networks-an-intelligent-investment.html>

RÄMÖ, Kristian 2015. Vesimittari ei aina kerro totuutta – ”Joskus asennetaan väärin päin”. Taloussanomien [digilehti] [Viitattu 2015-07-28.] Saatavissa:

<http://www.taloustaito.fi/Koti/Asuminen/Kerrostalojen-vedenkulutus-tarkkaan-syyniin/>

SAARHELO, Kai 2015-07-31. Landis+Gyr multienergiaratkaisut [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Joonas Korhonen. Saatavissa: Tekijän sähköpostipalvelin.



- SAINT GOBAIN 2015. Waterbox langaton mittarinluentalaite. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-08-05.] Saatavissa: <http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=2&id=161>
- SAINT-GOBAIN 2009. M-Bus -järjestelmän suunnitteluohjeet [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-05-18.] Saatavissa: <http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=24>
- SEPPINEN, Juha 2015-07-01. Kehitysinsinööri. [Haastattelu.] Helsinki: Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
- SINTONEN, Antti 2012. ZigBee - langaton verkkostandardi. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Tietotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-05-25.] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012060511655>
- SUEZ ENVIRONNEMENT 2014. Philippe Carton: Benefits from the Latest Generation Automated Meter Management Systems. PDF-esitys [Viitattu 2015-09-08.] [ei julkaistu]
- SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKELMA. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 2015-05-21.] Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf)
- TALOTEKNIKKATEOLLISUUS RY. Huoneistokohtainen vedenmittaus. [verkkajulkaisu] [Viitattu 2015-05-10.] Saatavissa: [http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvitalotekniikka/files/file\\_attachments/07\\_VEDENMITTAUS\\_24032015.pdf](http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvitalotekniikka/files/file_attachments/07_VEDENMITTAUS_24032015.pdf)
- TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ 2009. Älykkäät sähkömittarit käyttöön Suomessa: Kotitalouksille jopa reaaliaikaista tietoa omasta sähkökäytöstä. Uutiskirje. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-07-24.] Saatavissa: [http://www.tem.fi/ajankohtaista/uutiskirjearkisto/arkisto\\_2008-2009/uutiskirje\\_5.2.2009/alykkaat\\_sahkomittarit\\_kayttoon\\_suomessa\\_kotitalouksille\\_jopa\\_reaaliaikaista\\_tietoa\\_omasta\\_sahkonkaytosta.94054.news](http://www.tem.fi/ajankohtaista/uutiskirjearkisto/arkisto_2008-2009/uutiskirje_5.2.2009/alykkaat_sahkomittarit_kayttoon_suomessa_kotitalouksille_jopa_reaaliaikaista_tietoa_omasta_sahkonkaytosta.94054.news)
- TUKES, 2013a. Esimerkki MIDin mukaisesta CE-merkinnästä. [digikuva]. Tukes www-sivut [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Kulutusmittaukset/Vesimittarit/>
- TUKES 2011. Uusi mittauslaitelaki voimaan. www-sivut [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-07-17.] Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Uusi-mittauslaitelaki-voimaan/>
- TUKES 2013b. Vesimittarit. www-sivut [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-07-17.] Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Kulutusmittaukset/Vesimittarit/>
- VIITANEN, Jarmo 2015-07-06. Työpäällikkö. [Haastattelu.] Forssa: Forssan vesihuoltoliikelaitos.
- VVY 2011. Vesimittareita koskevat vaatimukset uudistuneet. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-07-17.] Saatavissa: [http://www.vvy.fi/ajankohtaista/vesimittareita\\_koskevat\\_vaatimukset\\_uudistuneet.1931.news](http://www.vvy.fi/ajankohtaista/vesimittareita_koskevat_vaatimukset_uudistuneet.1931.news)
- WATERS, Guerry 2015. Getting to Know H2O: The Smart Grid Moves to Water [Viitattu 2015-07-22.] Saatavissa: <http://www.waterworld.com/articles/wum/articles/2010/01/getting-to-know-h2o.html>
- YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2009. Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankustannuksiin. Työryhmän muistio [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-05-18.] Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio\\_Huoneistokohtaisten\\_vesimittareiden\\_kaytto\\_ja\\_vaiikutukset\\_rakennusten\\_energiankulutukseen.pdf](http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaiikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf)
- ZENNER KORKEAMÄKI 2015a. Vesimittarit ja tarvikkeet. Monisuihkuinen kylmävesimittari märkälaskijalla. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-08-17.] Saatavissa: [http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner\\_mnk.pdf](http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner_mnk.pdf)
- ZENNER KORKEAMÄKI 2015b. Vesimittarit ja tarvikkeet. Woltman kylmävesimittari kuivalaskijalla. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-08-17.] Saatavissa: [http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner\\_ws-n.pdf](http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner_ws-n.pdf)